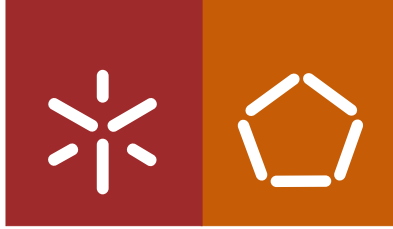


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Ana Isabel Ramadas Pereira

**Implementação de um Programa de
Melhoria da Qualidade num processo
produtivo de peças de injeção**



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Ana Isabel Ramadas Pereira

**Implementação de um Programa de
Melhoria da Qualidade num processo
produtivo de peças de injeção**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho realizado sob a orientação do
Doutor Paulo Alexandre Costa Araújo Sampaio

outubro de 2013

Nome:

Ana Isabel Ramadas Pereira

Endereço eletrónico: ramadasisabel22@hotmail.com

Telefone:916416435

Número do Bilhete de Identidade: 13767630

Título da dissertação:

Implementação de um Programa de Melhoria da Qualidade num processo produtivo de peças de injeção

Orientador:

Paulo Alexandre Costa Araújo Sampaio

Ano de conclusão: 2013

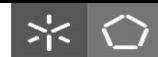
Designação do Mestrado:

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA
EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO,
QUE A TAL SE COMPROMETE;

Universidade do Minho, ____/ ____/ ____

Assinatura:_____



AGRADECIMENTOS

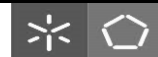
A realização do presente projeto apenas se tornou possível através da colaboração de um conjunto de pessoas que, não só partilharam os seus conhecimentos, mas que também motivaram, aconselharam e empenharam-se com toda a sua dedicação à evolução deste projeto.

Primeiramente gostaria de apresentar os meus sinceros agradecimentos ao meu orientador, Professor Paulo Sampaio, por toda a sua atenção, colaboração, empenho e dedicação e por último e não menos relevante, à sua boa disposição que serviu de fonte de motivação ao longo das várias etapas do projeto.

A realização desta dissertação tal e qual aqui está presente não seria possível sem a boa receção, acolhimento, colaboração e simpatia de toda a equipa que constitui a empresa COPEFI Part. Empresa na qual é elaborado o estudo de caso, que permitiu a componente prática da presente dissertação. De entre as pessoas desta nobre organização, não poderia deixar de referir a Engenheira Vânia Marinho, que foi não só minha supervisora e orientadora na empresa, mais foi, acima de tudo, uma amiga que desde o início de estágio mostrou a sua colaboração, preocupação e carinho.

Por último, e de igual relevância, agradeço toda a minha família, nomeadamente à minha mãe, Cristina Ramadas, que sempre me incutiu valores relativos à cultura de uma educação e formação académica e reuniu esforços que possibilitaram a exequibilidade e o alcance desses mesmos objetivos.

A todas as restantes pessoas, não aqui mencionadas, não por desmérito apenas porque a sua menção se tornaria exaustiva, deixo o meu sincero Muito Obrigada!



RESUMO

O processo de moldagem por injeção é um processo cuja produção se destina à conceção de peças com múltiplas formas e geometrias, podendo atingir complexidades elevadas a um custo reduzido.

A indústria de moldagem de plásticos, à semelhança de qualquer outro tipo de indústria existente, tem de apresentar qualidade nos seus produtos e processos. É função da qualidade não só garantir a existência de conformidade de produtos com as suas especificações, mas também servir de motor de impulsão, na procura da melhoria contínua de todos os processos dentro de uma organização, de modo a eliminar desperdícios. Ao eliminar fatores que não acrescentam valor ao produto, haverá uma concentração de esforços na produção.

A presente dissertação tem como objetivo desenvolver um programa de melhoria da qualidade, recorrendo ao uso de ferramentas base, de modo a reduzir custos de não qualidade. Através do recurso à aplicação das ferramentas base da Qualidade, como a Análise de Pareto para determinar o tipo de defeitos com maior frequência na empresa na qual foi realizado o estudo de caso e, com o auxílio da Diagrama de Ishikawa, para fazer a ligação entre os efeitos e as causas das não conformidades, teceu-se então o programa de melhoria proposto, recorrendo para tal também à aplicação da técnica de Focus-Group.

A Análise de Pareto salientou que os principais tipos de defeitos eram peças incompletas e peças raiadas, assim como identificou as máquinas com maior formação de peças com defeitos. As causas apontadas para a formação de não conformes pela análise de Ishikawa demonstraram a existência de causas comuns na criação de não conformes. Perante as causas apresentadas, as ações de melhoria propostas foram concisas nos diferentes problemas apresentados. Com base neste facto, o estudo do impacto económico das medidas de melhoria apresentadas foi otimista, apresentando uma redução de custos que varia entre os entre 10.613€/ano e 38.272 €/ano.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade, Ferramentas base da Qualidade, Custos de Qualidade, Competitividade, Moldagem por injeção.



ABSTRACT

The process of injection molding is a process whose output is intended for the design of parts with multiple shapes and geometries, reaching high complexities at a reduced cost.

The plastic molding industry, like any other type of existing industry must present quality in its products and processes. It is the basis of quality not only guarantee the existence of product compliance with its specifications ,but also serve as a motor impulse , the quest for continuous improvement of all processes within an organization , in order to eliminate waste . By eliminating factors that add no value to the product, there will be a concentration on production.

This thesis aims to develop a program of quality improvement, resorting to the use of basic tools, in order to reduce costs of not quality. Making use of the application of the basic tools of quality, such as Pareto analysis to determine the type of defects most frequently in the company in which the study was conducted and with the aid of the Ishikawa diagram, to make the connection between the effects and causes of nonconformities, then wove the proposed enhancement program , this also resorting to the application of the technique of Focus -Group.

Pareto analysis pointed out that the main types of defects were incomplete pieces and parts spoked, as identified machines with increased formation of defective items. The causes given for the formation of non-compliant by Ishikawa analysis demonstrated the existence of common causes in the creation of non-conforming. Given the causes shown improvement actions proposed were concise in different conditions. Based on this fact, the study of the economic impact of improvement measures presented was optimistic, showing a reduction of costs ranging from between € 10,613 / year and € 38,272 / year.

KEYWORDS: Quality Tools basis of Quality, Cost Quality, Competitiveness , Injection Molding .



ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tabelas	xiii
Lista de siglas e Acrónimos.....	XIV
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação	2
2. Fundamentação teórica.....	4
2.1 Definição de Qualidade.....	4
2.2 TQM (Total Quality Management).....	6
2.2.2 Programas de melhoria	11
2.3 Ferramentas da Qualidade	13
2.3.1 Focus Group.....	19
2.3.2 Vantagens e desvantagens do recurso a Focus Group	21
2.4 Industria de injeção de Plásticos.....	23
2.4.1 Introdução aos plásticos	23
2.4.2 Processo de moldagem	24
2.4.3 Moldagem por injeção	28
2.4.4 Otimização do processo de injeção	34
2.4.5 Não conformidade das peças de injeção	40
3. Metodologia de investigação.....	47
4. Estudo de Caso.....	51
4.1 Apresentação da empresa	51
4.3 Procedimentos adotados	54
4.3.1 Procedimentos e análise de resultados	54



4.3.2	Análise de Pareto.....	55
4.3.3	Análise de não conformes por máquina	58
4.3.4	Análise da produção de não conformes por mês do ano de 2012.....	63
4.3.5	Diagrama Causa-Efeito: Quais as causas que deram origem aos problemas?	65
4.4	Ações de melhoria.....	67
4.4.1	Impacto económico do novo programa.....	78
4.4.2	Cenários testados	81
5.	Conclusão	85
	Referências Bibliográficas.	88
	Web-sites consultados	92
	Anexo I- Fluxograma do processo Produtivo da Copefi	93
	Anexo II- Tabela Causa-Efeito peças Raiadas	94
	Anexo III – Tabela Causa- Efeito peças incompletas.....	95



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Função perda de Taguchi (TAGUCHI, ELSAYED e HSIANG,1990)	5
Figura 2: Sistema de Gestão TQM (http://www.amrconsult.com/?page_id=437)	7
Figura 3: Princípios TQM	9
Figura 4: Elementos chave da filosofia TQM	10
Figura 5: Sequência de procedimentos em Programas de Melhoria	12
Figura 6: Fluxograma (http://max.uma.pt/~a2111706/fluxograma.htm)	14
Figura 7: Folha de verificação (Nancy, 2004)	14
Figura 8: Histograma (https://linux.ime.usp.br/~cef/mac499-03/monografias/feals/Atividades.htm)	15
Figura 9: Diagrama de Causa-efeito (http://marketingfuturo.com/diagrama-de-causa-e-efeito-ou-diagrama-espinha-de-peixe/)	16
Figura 10: Diagrama de Pareto (Nancy, 2004)	17
Figura 11: Gráfico de dispersão (http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/scatter.html)	17
Figura 12: Exemplo de uma carta de controlo de um processo fora de controlo (http://asq.org/learn-about-quality/data-collection-analysis-tools/overview/control-chart.html)	18
Figura 13: Prós e contras da técnica de investigação Grupo de Foco	22
Figura 14: Esquematização da estrutura de um molde (Rosato, 1993; Rees, 1995; Menges, 2000) ..	29
Figura 15: Principais componentes presentes numa máquina injetora horizontal (CEFET, 2004)	30
Figura 16: Imagem ilustrativa das diferentes fases presentes no ciclo das máquinas de injeção (Dias, 2008).....	32
Figura 17: Relação causa-efeito do aumento da temperatura de injeção (Harada, 2004).....	36
Figura 18: Comportamento do material polimerico segundo a variação da temperatura (Manrich, 2005)	37
Figura 19: Comportamento de dois materiais poliméricos diferentes à variação da velocidade de injeção (Manrich,2005).	39
Figura 20: Relação entre o tempo de recalque e o peso da peça (Harada, 2004).....	40
Figura 21: Não conformidade: Estrias (Maraghi, 1997)	42



Figura 22: Peça com raiados ou estrias (http://www.tudosobreplasticos.com/processo/solucoes_injecao.asp)	42
Figura 23: Não conformidade: Chupos/ Rechupes (Maraghi, 1997)	43
Figura 24: Peça com rechupes ou mossas (Silva,2009)	43
Figura 25:Não conformidade: Incompletos/ "ratados" (Maraghi, 1997)	43
Figura 26: Peça incompleta (Silva, 2007).....	44
Figura 27:Não conformidade: Peças com excessos ou rebarbas (Maraghi, 1997)	44
Figura 29: Peça com rebarbas ou excessos (De Blasio, 2007).....	45
Figura 28: Não conformidade: Descoloração (Maraghi, 1997)	45
Figura 30:Não conformidade: Empenos (Maraghi, 1997)	46
Figura 31:The researche "Onion" (Mark Saunders, Philip Lewis and Adrian Thornhill 2008).	49
Figura 32: Ilustração da instalação da COPEFI Roménia.....	51
Figura 33: Ilustração das instalações COPEFI Braga.....	51
Figura 34: Análise de Pareto por defeito.....	58
Figura 35: Gráfico de análise anual de não conformes	63
Figura 36: Causa-Efeito peças raiadas.	66
Figura 37: Diagrama Causa-Efeito Peças incompletas.	66
Figura 38: Gráfico de Análise de Pareto dos custos mensais de produção.	80
Figura 39Impacto económico das ações	84



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Análise comparativa entre termoplásticos e termofixos	25
Tabela 2: Sistemas presentes nas máquinas de injeção (Harada, 2004).....	33
Tabela 3: Ilustração dos parâmetros da metodologia de investigação (Mark Saunders, Philip Lewis and Adrian Thornhill 2008).....	48
Tabela 4: Metodologia de investigação	50
Tabela 5: Análise do tipo de defeitos produzidos em 2012	55
Tabela 6: Descrição do tipo de não conformidades.....	57
Tabela 7: Estudo de não conformes por máquina.....	59
Tabela 8: Volume anual de peças produzidas por cada máquina	60
Tabela 9: Máquinas de injeção VS Máquina de peças.....	61
Tabela 10: Distinção das máquinas de injeção.....	61
Tabela 11: Tabela comparativa entre produção mensal e taxa de defeitos de cada mês.....	64
Tabela 12: Medidas de melhoria de ação sobre peças incompletas.	69
Tabela 13: Ações de melhoria sobre peças raiadas.	73
Tabela 14: Análise ABC dos custos mensais do ano de 2012.....	79
Tabela 15: Redução de custos resultante do cenário A.....	81
Tabela 16: Redução dos custos do cenário B.	82
Tabela 17: Redução dos custos do cenário C	83



LISTA DE SIGLAS E ACRÓNIMOS

TQM- Total Quality Management;

CFC's - Clorofluorocarbonetos;

PET- polietileno tereftalado;

FMEA- Análise do modo/efeito de falha;

PDCA -Plan, Do, Check; Act;

DMAIC- Define, Measure, Analyze, Improve and Control;

5S- *Seiri (utilização), Seiton (ordenação), Seiso (limpeza), Seiketsu (higiene) e Shitsuke (autodisciplina)*;

QFD- Desdobramento da função da qualidade;

5M's- Máquina, Método, Mão-de-obra, Matéria-Prima, Medida;

4 P's- Políticas, Procedimentos, Pessoal, Planta;



1. INTRODUÇÃO

O primeiro capítulo da dissertação introduz o tema e projeto desenvolvido, fonte de Motivação, objetivos, estrutura e metodologia de investigação empregue.

1.1 Enquadramento

É no âmbito do projeto de dissertação em Engenharia e Gestão Industrial que surge o presente projeto, como modo de conclusão dos ensinamentos apreendidos.

O cliente é o melhor analista e avaliador de desempenho de uma organização, pois é função deste decidir se pretende investir na aquisição de bens ou serviços e, como tal, essas escolhas ditam o sucesso ou o insucesso de uma organização. Na perspetiva do cliente, o valor gasto na aquisição de um bem é justo se esse bem for capaz de refletir uma satisfação, que reflita uma equivalência entre custo percebido e custo despendido.

A lei de Darwin sobre a sobrevivência do mais apto pode-se aplicar às organizações, onde o carácter competitivo é cada vez mais feroz, exigindo das organizações a definição de estratégias que tenham como base a satisfação do cliente e um esforço contínuo pela melhoria (Wellburn, 1996).

Em tempos onde a concorrência é feroz e a crise está instalada em vários países, torna-se imprescindível e vital para a sobrevivência das organizações a ligação entre a satisfação das necessidades dos clientes e a eficiência com a qual as organizações usam os seus recursos para o alcance desses mesmos requisitos. Essa ligação é a qualidade.

Foi nesta relevância percebida, que se baseou a escolha da área da qualidade como área temática para o desenvolvimento do projeto de dissertação.

A qualidade vista como uma vantagem competitiva e a oportunidade fazer algo relevante, não só em termos académicos, mas também com impacto na empresa em estudo de caso.

Saber lidar e gerir recursos humanos é dos elementos mais difíceis e mais importantes para o sucesso de um engenheiro e gestor industrial. Saber liderar e comunicar de modo a motivar os colaboradores a atingirem satisfatoriamente os objetivos das suas tarefas diárias, é um fator crítico de sucesso na vida destes profissionais (Engenheiros e Gestores Industriais).

Atribuída grande relevância à vertente prática e sendo esta na área da Qualidade, que tem como clausula a melhoria contínua e a satisfação dos clientes, bases de uma filosofia TQM, existe uma



grande pertinência de criar um sistema ou melhorar um sistema existente, que traga benefícios na qualidade de uma organização.

Bem delineado o objetivo do projeto de investigação, expresso no título do mesmo, procedeu-se à discriminação dos objetivos específicos associados a este tema. Os objetivos específicos associados ao tema, surgiram após o estudo e análise do sistema produtivo da empresa onde foi elaborado o projeto de investigação. Foi com base nesta experiência e na perceção da oportunidade de melhoria do processo no que concerne à redução no número de peças não conformes, que surgem os objetivos específicos e o plano de investigação. Os objetivos específicos passam pela identificação de defeitos no processo e pela identificação de ações de melhoria. Objetivos não específicos alcançados neste projeto passaram pela identificação das máquinas com maior produção de não conformes e por salientar o mês do ano em estudo de caso, 2012, que apresentou maior produção de não conformes. Estes objetivos resultaram de uma tentativa de fazer uma análise mais exaustiva ao processo produtivo como forma de identificar outros fatores problemáticos que afetam a qualidade do mesmo.

O estudo de caso realizado, desenvolveu-se numa empresa de injeção de plásticos inserida na indústria automóvel. A indústria automóvel é das indústrias mais exigentes a nível de requisitos de qualidade. Face à elevada exigência da indústria, e às necessidades de eliminação de desperdícios no cultivo dos padrões da qualidade, surge a conceção de um programa de melhoria que vise a redução de desperdícios e a aquisição de uma posição competitiva no mercado.

Assim, o projeto desenvolvido, cujo tema já foi anteriormente referido, focou-se essencialmente no uso de ferramentas base da qualidade, por estas serem de fácil aplicação, serem ferramentas com as quais a indústria está familiarizada e não requererem investimentos de capital. Assim, para ser possível executar o programa de melhoria previsto, primeiro identificou-se os problemas da organização, depois identificou-se as causas que dão origem a esses problemas e, por último discutiu-se as medidas que melhor se aplicariam na resolução dos problemas pretendidos. Em forma de conclusão e com vista a enfatizar a necessidade e importância de aplicar o programa tecido, estudou-se o impacto que estas medidas trariam para a organização.

1.2 Motivação

A importância da realização de um programa de melhoria ao nível da qualidade prende-se na relevância presente da qualidade na indústria. A qualidade é capaz de dotar as organizações de uma posição mais competitiva nos mercados tornando-as mais eficientes. Através da redução de



desperdícios, as organizações adotam uma gestão mais eficaz e eficiente, canalizando os seus esforços em ações que realmente acrescentam valor. Este aumento de competências internas, adquiridas através de uma boa gestão da qualidade, permitem a aquisição de um maior capital.

Um programa de melhoria visa, portanto, fortalecer as bases da qualidade dentro de uma organização.

Sendo a organização em estudo uma empresa com fins lucrativos, então é relevante verificar que o papel da qualidade numa organização, também permite adquirir maior potencial económico.

Com base na eliminação de desperdícios, através da redução da produção de não conformes, o programa de melhoria que a presente dissertação visa, permite a aquisição de um maior capital através da redução de custos. Esta é a importância que o programa de melhoria apresenta.



2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo é apresentada a revisão bibliográfica efetuada no âmbito da componente desta dissertação dedicada à Qualidade.

2.1 Definição de Qualidade

A qualidade pode ser definida de múltiplas formas, tais como: "Qualidade é o grau em que um determinado produto está em conformidade com um projeto ou especificação" (H.L. Gilmore: Product Conformance Cost. Quality progress June 1974), "Qualidade é a conformidade com as especificações" (P.B. Crosby: Quality Is Free), "Qualidade consiste na capacidade de satisfazer desejos." (C.D. Edwards, "The Meaning of Quality", in Quality Progress Oct.1968), "Qualidade é adequação ao uso" (J.M. Juran, ed. Quality Control Handbook 1988), "Qualidade é o grau de excelência a um preço aceitável e o controle da variabilidade a um custo aceitável." (R. A. Broh: Managing Quality for Higher Profits, 1982)

Segundo Gilmore (1974), a qualidade defini-se pela capacidade com que um produto ou processo corresponde com as especificações. Esta abordagem focada apenas no produto ou processo é uma visão um pouco redutora do que é a Qualidade, perante o ponto de vista do investigador. Este ponto de vista pode ser entendido pensando que um produto pode ser processado tal e qual o planeado. No entanto, só por si, este facto não determina a assunção plena de qualidade, uma vez que não certifica a satisfação de um cliente, não é garantida a otimização de um processo.

Para Edwards (1968), a qualidade representa a capacidade com que um produto é capaz de satisfazer a vontade de seus clientes. Este foco no cliente pode ser entendido quando vemos o cliente como o fator capaz de ditar o sucesso ou insucesso de qualquer organização. A execução de um produto ou processo só faz sentido se for capaz de cativar a atenção do consumidor para o seu uso. A conformidade com as características é algo que, atualmente é dado como garantido, não é algo que seja atribuído valor, mas sim algo que é dado como certo. Por outro lado, se um produto não for capaz de funcionar eficientemente no prazo de tempo estipulado, então certamente haverá uma insatisfação por parte do cliente representada, entre outros aspetos, pela não continuidade de aquisição ou uso.

O consumidor é o teste mais exigente e fidedigno com que um processo ou produto pode ser avaliado, uma vez que também é este quem veta o sucesso ou insucesso do mesmo.



A variabilidade que um processo ou produto apresenta representa o desvio que este possui em relação a um valor nominal representado como referência. As causas desta variabilidade tanto podem ser controladas e consideradas inerentes ao processo, como podem advir de fatores não controláveis estranhos ao processo. Fatores controláveis são fatores que já estão contabilizados como fatores de distúrbio, ou seja, a sua ação já é considerada normal, e já existem ações mecanizadas no sistema para minimizar o efeito destas variações. Por sua vez, fatores não controláveis são fatores não determinísticos.

Todos os processos ou produtos apresentam variabilidade, e, quanto menor for esta variabilidade ou comportamento do produto perante fatores externos, melhor será a qualidade do processo, uma vez que este apresenta resultados mais semelhantes perante fatores externos. Ou seja, é previsível que se um consumidor adquirir um produto exatamente igual a um outro consumidor que garanta o mesmo tipo de condições de uso, então o primeiro esperará que o produto que este adquiriu apresente um desempenho similar ao do segundo consumidor. Esta característica da qualidade é definida como a robustez que o produto apresenta. Portanto, quanto maior for o desvio de um processo ou produto face ao seu valor alvo (nominal), então menor será a qualidade apresentada pelo produto ou serviço. Esta dispersão também pode ser análoga aos desvios de valor percebidos pelos clientes.

Pelas razões apresentadas anteriormente, esta teoria, será das mais completas sob ponto de vista do investigador.

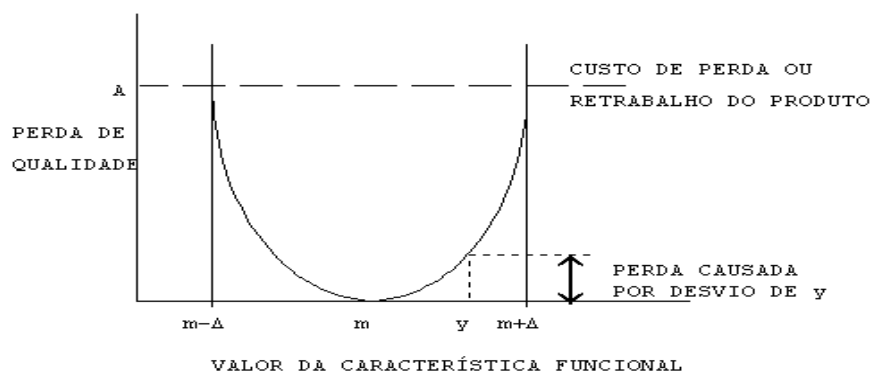


Figura 1: Função perda de Taguchi (TAGUCHI, ELSAYED e HSIANG,1990)

A figura 1 define a função perda de qualidade definida por Taguchi. Para Taguchi a qualidade define-se: “Qualidade é a perda imposta à atividade a partir do momento em que o produto é expedido”. Para Taguchi para haver qualidade há que minimizar a variabilidade do produto final em relação ao seu objetivo. Fatores controláveis devidamente controlados promovem um nível de



desempenho ótimo no produto, no qual os produtos se tornam mais robustos aos fatores externos Para melhor perceber as bases conceptuais da teoria de Taguchi relativamente à definição de qualidade, há que esclarecer os seus pontos vitais:

- Num mercado competitivo, a melhoria contínua da qualidade e a redução de custos são necessárias para que as empresas sobrevivam.
- Um parâmetro imperativo na medição dos níveis de qualidade é o custo total que esse mesmo produto transmite para a sociedade.
- As perdas de Qualidade geradas para o consumidor expressam-se por um desvio quadrático do desempenho do produto relativamente ao seu valor nominal.

As perdas, como se pode deduzir da imagem relativa ao gráfico de perdas desenvolvido por Taguchi, refletem-se em perdas de carácter económico. Os denominados custos de qualidade são os custos inerentes às perdas contempladas na função perda. Estes custos definem os custos de retrabalho, perda de oportunidade, custos de imagem, auditorias, entre outros custos.

2.2 TQM (Total Quality Management)

A filosofia de gestão TQM é uma filosofia desenvolvida nos anos 50 que atingiu maior aderência a partir dos anos 80.

Esta filosofia de gestão tem como princípio a colaboração de todos os operadores de uma organização (“Total”), pelo alcance de uma gestão (“Management”) capaz de criar um serviço ou produto que complete as necessidades do cliente (“Qualidade”). Estes pilares que dão forma à filosofia de gestão TQM, têm como objetivo o alcance de um sistema de gestão capaz de gerar proveitos para a organização, fomentar um ambiente de trabalho favorável capaz de garantir o bem-estar dos seus colaboradores e, por último, criar um sistema capaz de satisfazer o cliente.



Figura 2: Sistema de Gestão TQM (http://www.amrconsult.com/?page_id=437)

Como se pode perceber pela figura 2 acima presente, a metodologia TQM tem como ponto de partida a definição dos requisitos do cliente e como fim a satisfação do cliente. Para o alcance deste objetivo predominante, há um processo de gestão no qual todos os membros de uma organização são envolvidos, nomeadamente pelo seu carácter decisivo e de importância, deve-se realçar a preponderância da colaboração da gestão de topo. Uma vez que toda a organização é envolvida, existindo comprometimento e motivação dos trabalhadores, então estão instaladas as condições propícias para a criação de um ambiente de trabalho capaz de satisfazer os mesmos (colaboradores). Esta satisfação é alcançada pelo sentimento de valorização pessoal, uma vez que cada trabalhador se sente motivado e capaz de cooperar, existindo assim um sentimento de inclusão, no qual o trabalhador sente-se como parte integrante de um todo que constitui a organização. A organização é então vista como um conjunto de pessoas que executam tarefas com o objetivo de satisfazer um objetivo comum. Este trabalho conjunto irá formar um ciclo de operações que pretendem o alcance de uma melhoria contínua. Esta melhoria poderá ser alcançada com ferramentas similares às apresentadas pelo ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act). Basicamente este ciclo consiste num modo de atuação no qual as operações são executadas conforme o devidamente estudado e planeado. Após a execução destas tarefas de transformação, então os resultados obtidos serão analisados para desta forma serem



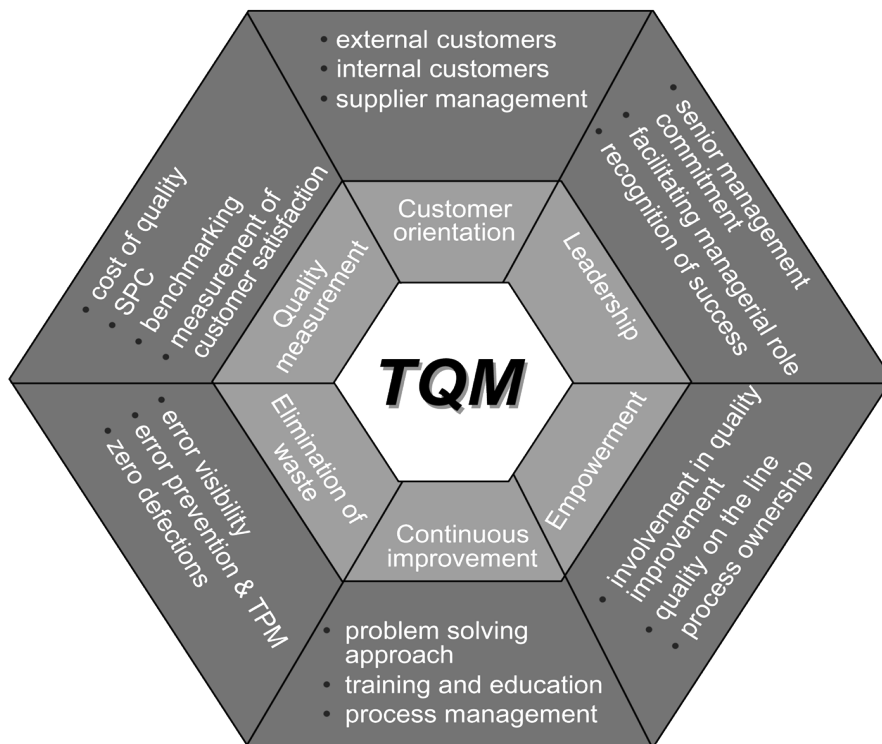
exercidas as devidas medidas. Com a aplicação deste modelo, a melhoria contínua é preservada assim como o alcance de produtos ou serviços conformes.

O funcionamento da estrutura TQM só é possível se existir a concretização de certos princípios como:

- **Empenho e liderança da gestão:** A gestão é constituída por uma ou mais pessoas encarregues de governar os bens físicos e materiais de uma organização. O apoio deste órgão é extremamente importante uma vez que é este quem faculta todas as vias para que algo aconteça. Normalmente a gestão é constituída pelas pessoas com maior responsabilidade dentro de uma organização e, como tal, a capacidade de ser um bom líder, tanto como exemplo como na capacidade de saber dirigir pessoas, é extremamente importante.
- **Envolvimento dos trabalhadores:** O sentimento de envolvimento gera nos trabalhadores um sentimento de responsabilização e valorização que se traduz num aumento do nível de satisfação, motivação e dedicação na realização de tarefas.
- **Decisões baseadas em factos:** As decisões não têm um carácter subjetivo, mas sim objetivo, permitindo o exercer de uma avaliação fidedigna e concisa. O uso de ferramentas como FMEA, planeamento de experiencias, ferramentas base da qualidade, entre outros, são exemplos de ferramentas objetivas.
- **Melhoria contínua:** Procura incessante pela perfeição, no qual a máxima é a inexistência de desperdícios. Tudo é suscetível de ser melhorado. Uso de ferramentas como os ciclos PDCA ou DMAIC, formação de equipas da Qualidade, implementação de uma filosofia Lean, 5S, são exemplos de ferramentas, métodos e filosofias que podem ser reunidas por forma a obter uma melhoria contínua.
- **Empresas centralizadas na satisfação do cliente:** Criação de equipas de gestores de marketing e estratégia, departamentos de investigação e desenvolvimento de novos produtos, equipas/círculos de qualidade, cujo trabalho seja bem comunicado e a mensagem das necessidades observadas por parte do cliente devidamente reproduzidas no produto ou serviço final. Gerar uma boa relação com fornecedores e clientes internos é uma boa opção para aumentar o nível de conhecimento das



necessidades dos clientes, uma vez que estes membros apresentam por norma um maior contacto direto com o cliente.



Source: Silvestro, 1998

Figura 3: Princípios TQM

A figura 3 esquematiza e reforça os princípios dispostos na filosofia de gestão TQM.

Perante o que já foi previamente referido, será de salientar que ao erro não é atribuída responsabilização direta ou completa ao colaborador, mas sim a processos mal formulados ou deficientes. Muitas vezes os colaboradores não executam bem as suas tarefas devido à má formação fornecida pela organização ou a processos mal concebidos, quer por *layout*, quer pela carga excessiva de peso ou horas de repetição ou, até mesmo, devido ao plano operatório não ser o mais apropriado. Sendo os processos os mais responsabilizados pela execução do erro, então torna-se imperativo otimizar os mesmos, eliminando os desperdícios. A minimização consecutiva do erro deve ser feita através da aplicação de medidas preventivas com mecanismos como os *Poka-Yoke*. Quando os erros são inevitáveis então há que controlar os seus efeitos e atuar o mais cedo possível sobre as causas passíveis de correção. Uma atuação atempada sobre o agente de distúrbio fará com que este permaneça menos tempo no processo e a cadeia de valor não seja demasiado afetada. Em casos em que o erro é persistente, como por exemplo, uma máquina de injeção estar recorrentemente a injetar

peças não conformes, no qual a ação de conjugação dos parâmetros de injeção da mesma não parece surtir efeito, então a melhor opção será desligar a máquina. A filosofia de gestão da Qualidade Total, também defende este princípio no qual define que a melhor ação em erros recorrentes é a paragem da produção, eliminação da origem do problema a fim de evitar a reprodução e aumento do mesmo.

O esquema da Figura 4 define os elementos chave necessários para a implementação da filosofia TQM.

Empenho e liderança da Gestão	•Definição de políticas e condutas capazes de motivar
Planeamento e Organização	•Obejtivos bem definidos assim como os meios para os alcançar
Ferramentas e técnicas adequadas	•Fornecimento dos meios e instruções de trabalho e formação devida; • Saber usar as ferramentas da Qualidade
Motivação e envolvimento dos colaboradores	•Fomento do trabalho em equipa; •Distribuição equalitativa de responsabilidades e remunerações
Avaliação e feedback	•Definir objetivos e indicadores de medição
Mudança de cultura	•Orientar uma cultura capaz de visar sempre as necessidades do cliente

Figura 4: Elementos chave da filosofia TQM

À semelhança de qualquer modelo de gestão, existem vantagens e desvantagens associadas à aplicação do modelo TQM. O modelo de gestão total da qualidade permite adequar os processos às necessidades dos clientes, fomenta a inovação e melhoria contínua, reduz os ciclos de desenvolvimento, cria condições para a implementação de uma filosofia *Just in time*, promove o desenvolvimento de equipas, diminui os custos de qualidade, melhora a competitividade de uma organização, promove a comunicação entre diferentes departamentos de uma organização e conduz a uma melhoria nos sistemas administrativos. Possíveis aspetos menos positivos da aplicação deste modelo poder-se-á considerar que a procura constante por melhorar processos e produtos é uma atividade que requer o dispêndio de bastante tempo e dinheiro, e, muitas vezes, este tempo não existe. Por outro lado, a mudança sempre consecutiva pode dificultar a capacidade dos colaboradores se adaptarem. O trabalho em equipa pode ser visto como algo positivo, no entanto, também proporciona a oportunidade de um aumento de conflitos internos. Por fim, apenas será de acrescentar que a



eliminação de desperdícios numa filosofia *Just-in-time* pode criar situações de rotura de *stock*, uma vez que, na maioria das empresas, principalmente naquelas com reduzido capital, a relação existente com os fornecedores não permite a existência do apenas e exclusivamente necessário para pequenos períodos de tempo.

2.2.1 Gestão da Qualidade

Gerir significa administrar, distribuir, logo a gestão da Qualidade é uma prática, cujas tarefas têm por fim o alcance de atributos favoráveis a produtos ou serviços adquiridos por um consumidor. A nível mais prático e ao nível da indústria, a gestão da Qualidade está encarregue por planear, controlar e melhorar os níveis de desempenho da qualidade dentro de uma organização. O planeamento das atividades consiste numa organização das mesmas, nas quais são estabelecidos objetivos e delineadas ações. O controlo da qualidade é constituído por um conjunto de ações de medição, comparação com objetivos, análise crítica, identificação de problemas não estatísticos ou esporádicos e, por fim, a aplicação de medidas corretivas. A melhoria da qualidade distingue-se do controlo, uma vez que nesta o foco reside em problemas ditos crónicos ou normais ao processo. Após a identificação do problema crónico é então analisado o estado do processo e, assim, definidas as medidas devidas de correção. Sob este ponto de vista pode-se então caracterizar a existência de dois tipos de problemas: esporádicos ou catastróficos e não estatísticos, e problemas crónicos ou estatísticos e controláveis.

Os problemas crónicos são os problemas que são recorrentes ao processo. Estão normalmente já identificados e por esse mesmo facto são vistos como controláveis. Os problemas esporádicos têm um efeito mais catastrófico no processo ou na conformidade do produto, correspondendo a alterações súbitas no desenvolvimento dito normal do processo.

2.2.2 Programas de melhoria

Após terem sido identificado os principais tipos de problemas inerentes a um processo industrial, põem-se em questão as ações passíveis de realizar para devolver ao sistema a sua normalidade de funcionamento ou *status quo*.

O ideal num processo era ter todos os resultados de avaliação de Qualidade dentro dos limites de qualidade (limites pré-estabelecidos pelas características definidas como aceitáveis; ao valor denominado de nominal é-lhe conferido um desvio padrão visto como aceitável e, são estes desvios que formulam os limites de variação aceitáveis para a conformidade de um produto ou processo), e

que os resultados avaliados não apresentem grande variabilidade de resposta entre si, por forma a que o produto apresente maior robustez.

Face ao anteriormente referido, torna-se pertinente estudar a sequência de procedimentos que permitem combater os fatores de distúrbio dos processos.

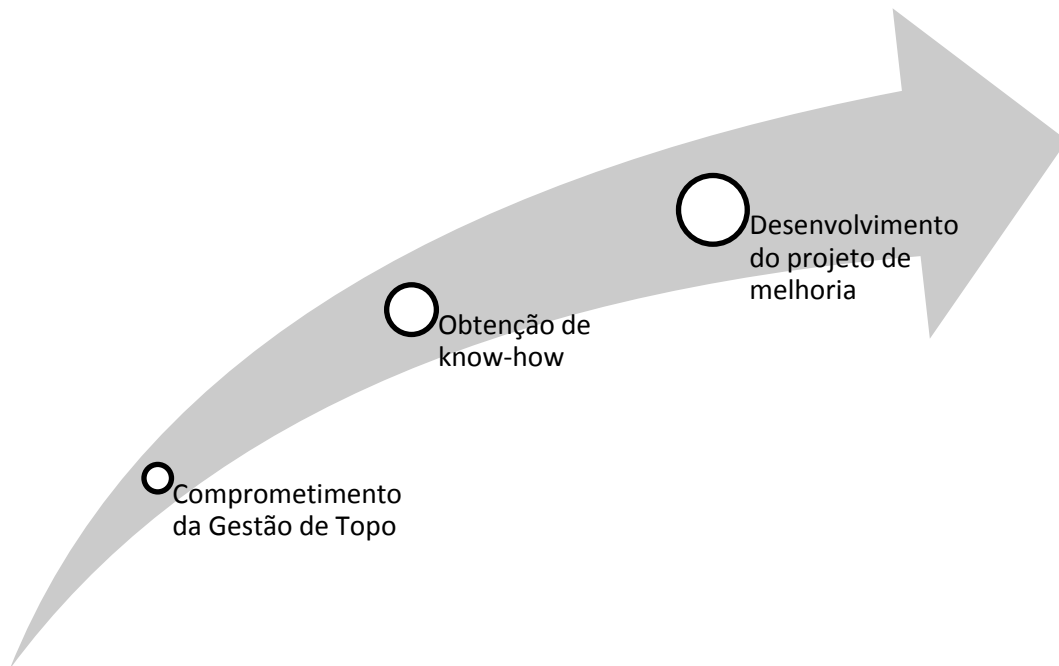


Figura 5: Sequência de procedimentos em Programas de Melhoria

À semelhança de qualquer programa de melhoria, a base para o alcance de uma implementação com sucesso reside na capacidade de obter o apoio e comprometimento da Gestão de Topo. Sem a obtenção do veredito e apoio da Gestão de topo, a execução de qualquer tipo de tarefa torna-se pouco viável e com um grau de dificuldade acrescida. Por esta razão, a melhor opção para obter a atenção da gestão de topo é enfatizar a pertinência da aplicação do novo programa de melhoria, mostrando os seus pontos fortes através de uma base sustentada em como o programa é pertinente e visa o alcance dos interesses da organização. Após conseguir cativar o interesse e apoio da gestão de topo, há que recolher todo o conhecimento para dotar o agente de Qualidade de uma capacidade de decisão sustentada do como saber fazer, dito “*Kow-how*”. Com este início definido, dá-se o começo do planeamento do plano de ação, no qual são definidas as prioridades do projeto e os elementos necessários para por em prática o programa delineado.

Um programa de melhoria experimenta duas fases principais: a fase de diagnóstico do problema que se pretende solucionar e a fase de melhoria propriamente dita. A primeira fase



caracteriza-se por uma análise dos sintomas (descrição do problema, análise das características não conformes, quantificação do impacto do problema ou não conformidades), seguida de uma formulação de teorias que sustentam as causas que dão origem aos problemas (qual a origem do problema, recorre-se muito comumente ao uso do diagrama de causa-efeito) e, por fim, a última ação desta primeira fase no processo de um programa de melhoria é o teste de teorias (definição da relação causa-efeito, conjectura das melhores soluções a aplicar).

A segunda fase é caracterizada pela definição da solução ao problema. A solução deve contemplar a remoção ou neutralização das causas que originam o problema, a otimização dos custos e a capacidade de ser de aplicação viável a todos os elementos da organização. Esta viabilidade também se prende pela capacidade que o programa de melhoria apresenta em ser reproduzido ao longo do tempo (capacidade de se tornar rotineiro no dia-a-dia de uma organização).

2.3 Ferramentas da Qualidade

Ao longo dos anos foram desenvolvidas inúmeras ferramentas ou técnicas da Qualidade que visam o alcance da Qualidade Total. Uma vez que neste trabalho de investigação apenas vão ser utilizadas as ferramentas base da Qualidade, com o recurso auxiliar da técnica Focos Group, apenas estas ferramentas e técnicas serão alvo de aprofundamento neste capítulo.

As sete ferramentas base da Qualidade são:

1) Fluxograma: Permite adquirir um conhecimento mais detalhado do fluxo do processo, respondendo desta forma à pergunta “O que é feito?”. Todas as etapas do processo são representadas por símbolos cujo significado é universalmente compreendido.

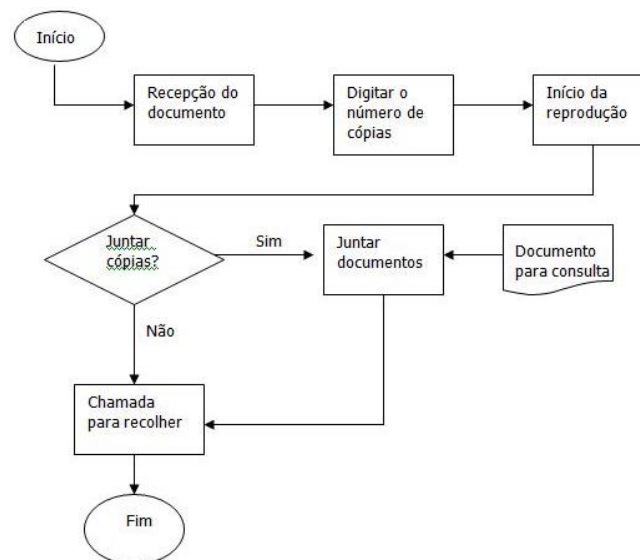


Figura 6: Fluxograma (<http://max.uma.pt/~a2111706/fluxograma.htm>)

2) Folha de Verificação: A folha de verificação é uma forma estruturada e preparada para a recolha e análise de dados. Permite uma recolha direta e objetiva de fatores do processo, dando a conhecer a sua recorrência. Existem genericamente quatro tipos de listas de verificação: lista de existência de determinadas condições (geralmente com um tipo de resposta do género sim ou não); listas de verificação de quantidades (permite verificar o que está presente e em que quantidade ou frequência); Listas de verificação de classificação, no qual as características são agrupadas por critérios pré-estabelecidos; Listas de verificação de localização de defeitos (lista de auxílio ao estudo da localização de não conformidades; permite clarificar padrões de ocorrência);

Telephone Interruptions						
Reason	Day					Total
	Mon	Tues	Wed	Thurs	Fri	
Wrong number	HHH	II	I	HHH	HHH II	20
Info request	II	II	II	II	II	10
Boss	HHH	II	HHH II	I	IIII	19
Total	12	6	10	8	13	49

Figura 7: Folha de verificação (Nancy, 2004)

3) Histograma: Um histograma é o gráfico similar a um gráfico de barras, muito usado na representação de distribuições de frequência. A distribuição de frequências representa a frequência

com que cada valor diferente de um conjunto de dados ocorre. As barras, neste tipo de gráfico, apresentam os dados agrupados, com o intuito de evidenciar a relação existente entre características. Ao nível da gestão da Qualidade, este tipo de representação costuma estar associada à contagem de defeitos e a classificação de medidas. O histograma é normalmente usado em situações: em que os dados em estudo são numéricos; em que se pretende verificar a forma de distribuição de dados, especialmente quando se pretende determinar se as saídas de um processo apresentam alguma distribuição normal; em que se pretende determinar se um processo pode atender aos requisitos do cliente. Resumidamente quando se deseja comunicar a distribuição de dados de forma rápida e fácil.

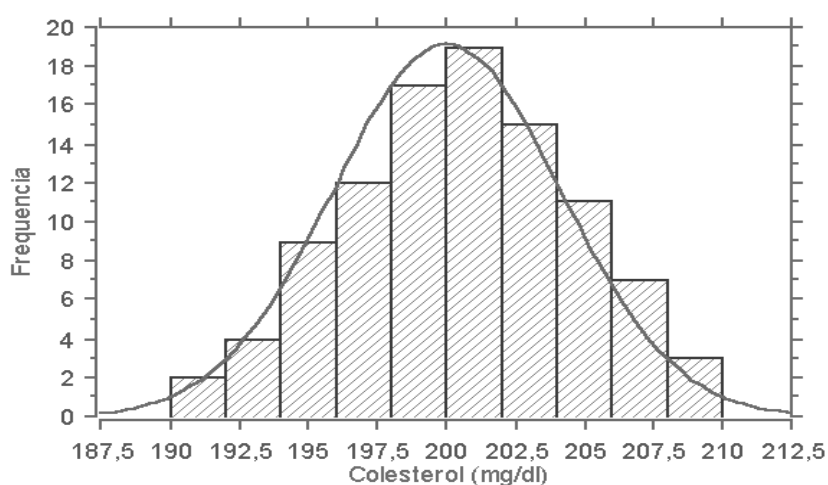


Figura 8: Histograma (<https://linux.ime.usp.br/~cef/mac499-03/monografias/feals/Atividades.htm>)

4) Diagramas de Causa-efeito: Identifica muitas causas possíveis para um efeito ou problema e classifica as ideias em categorias úteis. Os inputs desta ferramenta identificam as causas que afetam a qualidade. Também conhecido como Diagrama de Ishikawa em homenagem ao seu inventor Kaoru Ishikawa, ou como diagrama de “espinha de peixe”, devido ao formato a que se assemelha. Nesta ferramenta as causas posicionam-se sobre setas que concorrem para o efeito posicionado no topo ou extremidade direita da representação esquemática. O efeito representa então, o resultado a que as causas dão origem, pode ser apenas definido como um problema central, ou como vários problemas relacionados. Em situações em que as causas apresentam uma complexidade mais elevada estas podem ser decompostas em fatores mais específicos e detalhados ao nível da análise de processos industriais, as causas são muitas vezes agrupadas em fatores denominados de 5M's (Máquina, Método, Mão-de-obra, Matéria-Prima ou simplesmente Material e Meio ambiente ou envolvente), ou os

4 P's (Políticas, Procedimentos, Pessoal, Planta). Muitas vezes esta ferramenta serve-se de base para a definição das causas da aplicação de outras ferramentas tal como o brainstorming e focos group.

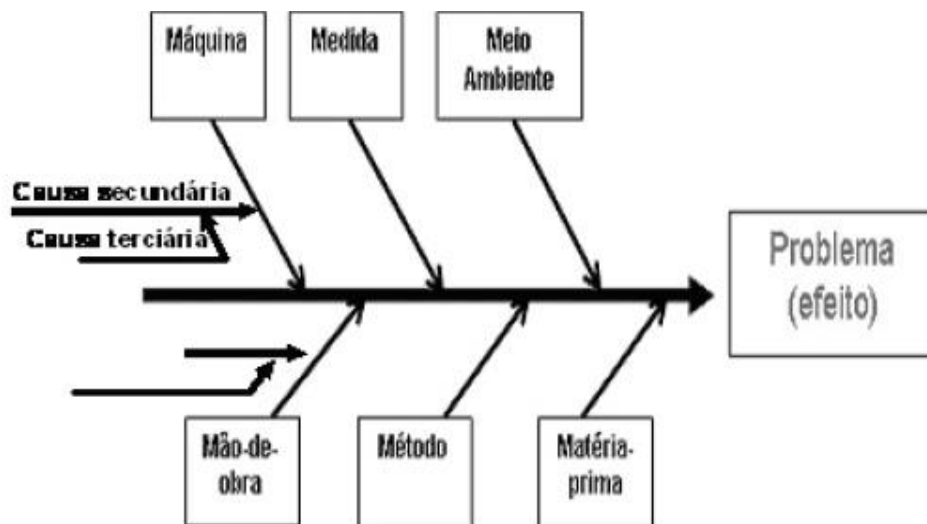


Figura 9: Diagrama de Causa-efeito (<http://marketingfuturo.com/diagrama-de-causa-e-efeito-ou-diagrama-espinha-de-peixe/>)

5) Diagrama de Pareto: O Diagrama de Pareto é uma representação gráfica sob a forma de um gráfico de barras. O comprimento das barras deste tipo de gráficos representa a frequência ou o custo (tempo ou dinheiro). As barras, organizadas das de maior dimensão para as de menor dimensão permitem uma identificação visual mais fácil dos elementos com maior frequência ou valor. Este tipo de diagramas deve ser utilizado quando se pretende analisar dados sobre a frequência de problemas ou causas de um processo; quando existem muitos problemas ou causas e pretende-se fazer uma filtragem dos elementos mais relevantes; quando se pretende analisar causas gerais tendo identificado os componentes específicos; quando é desejável divulgar dados. Seja qual for o ponto de partida do estudo ou o objetivo final do mesmo, o uso desta ferramenta visa essencialmente estabelecer uma relação entre os parâmetros estudados.

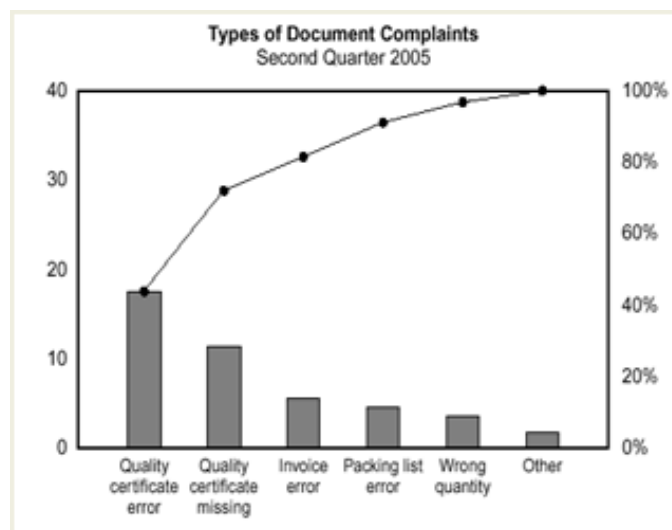


Figura 10: Diagrama de Pareto (Nancy, 2004)

6) Gráficos de dispersão ou Correlação: Representação gráfica que permite a correlação de dados. Se houver dados correlacionados, então os pontos de dados irão sobrepor-se sob a forma de uma linha ou curva. Quanto maior a correlação existente, mais estreitos estarão os pontos da linha. Deve-se usar diagramas de dispersão quando se pretende emparelhar dados; quando uma variável dependente pode ter vários valores para cada valor de uma variável independente; quando se pretende identificar a existência de variáveis relacionadas como possíveis causas de problemas ou efeitos comuns.

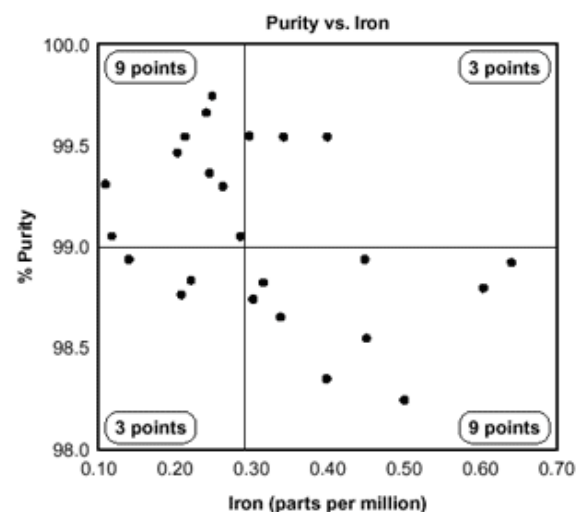


Figura 11: Gráfico de dispersão (<http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/scatter.html>)

7) Cartas de Controle: O gráfico de controle é um gráfico usado para estudar como um processo em mudança varia ao longo do tempo. Um gráfico que apresenta uma linha central para a média, uma linha superior para o limite superior de controle e uma linha inferior para o limite de controle inferior. Estas linhas são determinadas a partir de dados históricos. Ao comparar os dados atuais a estas linhas pode-se tirar ilações sobre se a variação do processo é consistente (no controle) ou é imprevisível (fora de controle, afetado por causas especiais de variação). As cartas de controle servem para: controlar os processos em curso de modo a verificar ou corrigir problemas que possam ocorrer; prever o intervalo esperado de resultados a partir de um processo; determinar se um processo é estável (sob controle estatístico); analisar os padrões de variação do processo em causas especiais ou causas comuns.

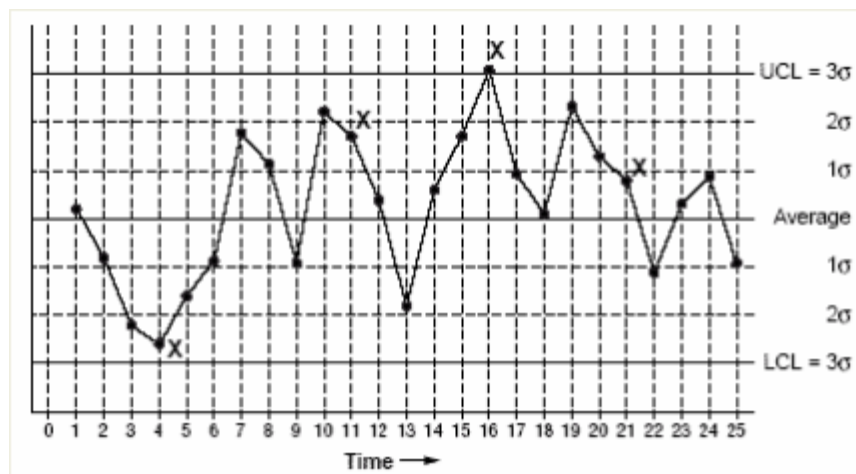


Figura 12: Exemplo de uma carta de controle de um processo fora de controle (<http://asq.org/learn-about-quality/data-collection-analysis-tools/overview/control-chart.html>)

Entre as vantagens destas ferramentas destaca-se:

- Facilidade de aplicação, não necessitam de investimento na aquisição de softwares ou outro tipo de mecanismos de resolução;
- Não obrigatoriedade a grandes conhecimentos técnicos podendo ser usados por operários sem formação superior, desde que os mesmos recebam formação sobre o seu modo de uso;
- Serem das ferramentas mais usadas ao nível industrial, o que otimiza a sua adesão tornando a sua inclusão no meio organizacional mais facilitada, pois existe um reconhecimento do seu valor;
- Ser uma ferramenta que se valoriza pela sua capacidade de representação visual, o que torna estas ferramentas muito mais facilmente perceptíveis quando analisadas;



- Capacidade de resolução de problemas recorrentes no sistema produtivo de uma empresa, de dificuldade baixa a intermédia, com um grau de resolução de dificuldade reduzido;
- Recurso ao uso do trabalho em grupo ou em equipa, o que permite também maior envolvimento dos membros de uma organização, aumentando paralelamente o sentimento de valorização e bem-estar dos colaboradores.

2.3.1 Focus Group

O desenvolvimento da técnica Focus Group ou Grupos de Discussão remonta a períodos precedentes da segunda guerra Mundial, mais concretamente a partir de 1920. Após a primeira Guerra, e com o desenvolvimento das Ciências Sociais, esta ferramenta começou a adquirir grande aderência, principalmente pelas equipas de Marketing.

Segundo Edmunds, Focus Group "... são discussões, com ou sem mediador, direcionadas a um tema específico de interesse ou relevância para o grupo e o pesquisador".

Para Parasuraman, (1986) o Focus Group trata-se de: *“Uma discussão objetiva, conduzida ou moderada que introduz um tópico a um grupo de respondentes e direciona sua discussão sobre o tema, de uma maneira não-estruturada e natural.”*

Basch (1987) afirma que: "... grupos de foco pode ser definido como "uma abordagem qualitativa para aprender sobre subgrupos da população com relação a características e processos psicológicos e socioculturais conscientes, semiconscientes e inconscientes."

O focus group é uma metodologia científica que funciona como uma estratégia investigação qualitativa subjacente à recolha e análise de dados. Segundo Boaventura Sousa Santos (1993) “a ciência social será sempre uma ciência subjetiva e não objetiva como as ciências naturais; tem de compreender os fenómenos sociais a partir das atitudes mentais e do sentido que os agentes conferem às suas ações, para o que é necessário utilizar métodos de investigação e mesmo critérios epistemológicos diferentes dos correntes nas ciências naturais, métodos qualitativos em vez de quantitativos, com vista à obtenção de um conhecimento intersubjetivo, descritivo e compreensivo, em vez de um conhecimento objetivo, explicativo e nomotético.” (p. 22).

A técnica focus group pode sofrer adaptações consoante o propósito da sua aplicação e o contexto da pesquisa. Morgan (1997) distingue esta técnica de investigação de outras técnicas como a entrevista em grupo, através da seguinte caracterização: “uma técnica de investigação que recolhe



informação através da interação em grupo sobre um tópico determinado pelo investigador. Em essência, é o interesse do investigador que fornece o focus, enquanto os próprios dados veem da interação no grupo” (p.6).

Genericamente poder-se-á referir que, independentemente do meio em que é aplicado, esta metodologia poderá ter como objetivos básicos a identificação de um problema, a planificação, a implementação e a avaliação. Qualquer um desses objetivos está associado a uma fase de um grande projeto e tem significados diferentes consoante a área em que se insere (Morgan, 1998).

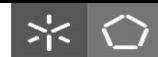
Perante o que já foi referido, o focus group consiste basicamente numa entrevista num grupo constituído por 6 a 8 pessoas, orientadas por um moderador com o objetivo de gerar uma discussão sobre tópicos predeterminados. Os assuntos debatidos têm como fim um acréscimo de informação e compreensão do tema ou assunto em estudo. É essencial uma boa interação com os elementos do grupo e a informação e compreensão que a partir desta se cria (Kitzinger & Barbour, 1999; Krueger, 1994; Morgan, 1997).

“É uma forma de ouvir as pessoas e aprender com elas, criando linhas de comunicação” (Morgan, 1998, p. 9).

Face a se tratar de uma metodologia de investigação qualitativa, o processo através do qual se desenvolve não obriga ao seguimento de uma sequência sucessiva de etapas, mas sim um processo recursivo composto por etapas ou momentos que interagem entre si, capacitando a formação de um plano continuamente em emergência e flexível de acordo, não só com os objetivos iniciais, mas também e, sobretudo, com as características, eventualidades e viravoltas passíveis de ocorrer durante todo percurso da investigação (Bogdan & Biklen, 1994; Brotherson, 1994; Vieira, 1995).

As seis etapas para a realização de uma investigação qualitativa recorrendo ao uso da metodologia focus group, segundo Mary Jane Brotherson (1994), são:

- Formulação das questões de investigação;
- Seleção dos participantes;
- Desenvolvimento do protocolo da entrevista;
- Condução do focus group;
- Análise dos dados;
- Relatório.



Como já foi referido anteriormente, a técnica de investigação aqui debatida apresenta um plano de como o investigador deve traçar ou conduzir os tópicos a debater. Estes tópicos devem funcionar como um quadro de referência, adaptáveis ao contexto sem que isso diminua o rigor da investigação.

2.3.2 Vantagens e desvantagens do recurso a Focus Group

Este tipo de método de discussão permite a realização de uma investigação que valoriza o conhecimento de seus intervenientes. Com o desenvolvimento da reunião, vão surgindo novas informações à medida que também as perspetivas individuais vão sendo menos influenciadas pela interação com o investigador, comparativamente ao que geralmente sucede em entrevistas individuais.

O facto de se reunir um número razoável de pessoas permite haver um certo equilíbrio nas respostas dadas facilitando o alcance de um consenso. É devido à participação de várias pessoas que o focus group, capacita as equipas de avaliação de uma obtenção de soluções mais pensadas, uma vez que existe um julgamento mais nítido devido à maior capacidade de adquirir resposta a favor ou contra o fator em estudo, evitando, assim, opiniões extremas.

Outra vantagem do recurso ao focus Group é o facto de num curto período de tempo (de uma hora e meia a duas horas), ser possível recolher uma grande quantidade de informação.

Pontos menos positivos do recurso a esta técnica de investigação passam pela dificuldade em obter um moderador com as competências adequadas à realização de uma discussão equilibrada. Competências para gerir o dinamismo de um grupo e obter uma discussão equilibrada, evitando a influência dominante dos líderes de opinião existentes em todos grupos, são competências que surgem do treino e da capacidade de cada indivíduo. Dificuldade de abster os intervenientes da reunião do meio que os envolve. À semelhança de qualquer discussão na qual haja interesses envolvidos, existe a tendência associada ao julgamento dos participantes (interesses políticos, monetários de conveniência, entre outros). Para além das tendências por interesse, existem as tendências da educação e ambiente envoltos ao estudo.

Para mais fácil visualização e perceção dos prós e contras da utilização desta técnica de investigação, a seguir está representado um esquema ilustrativo destas características:

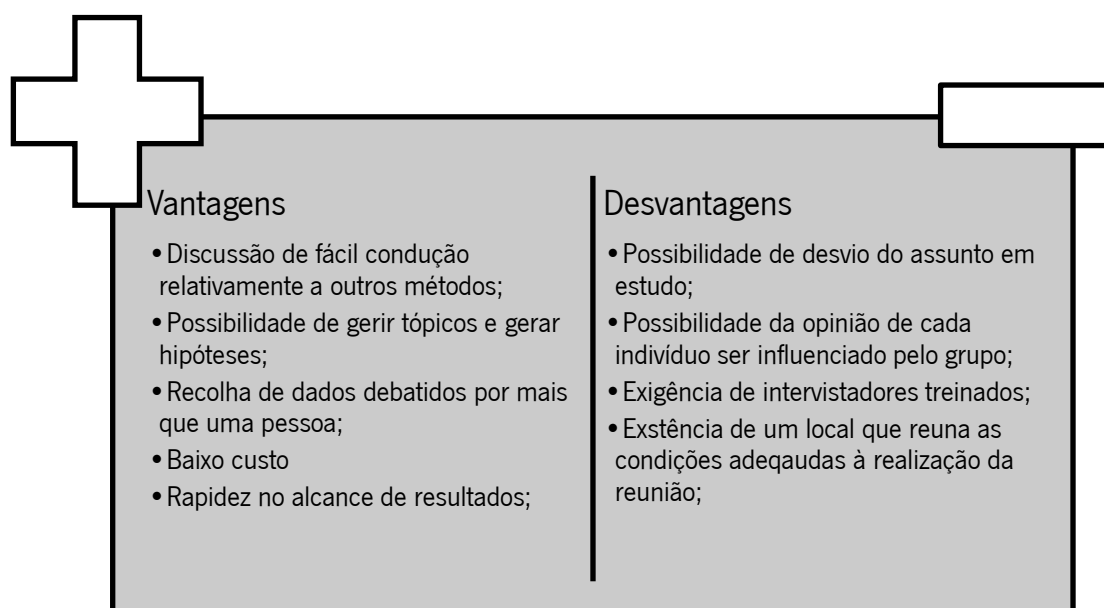
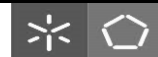


Figura 13: Prós e contras da técnica de investigação Grupo de Foco

Perante as vantagens e desvantagens associadas ao método de investigação de carácter qualitativo até então debatido, é de esperar que cada indivíduo faça o julgamento do peso associado aos prós e contras deste método e, quando em necessidade de uso de uma ferramenta de investigação pondere o recurso a esta técnica.

Para o investigador, o recurso à técnica de Focus Group foi uma escolha acertada pois permitiu em pouco tempo o alcance de uma quantidade de informação de relevo. Apesar de o número de intervenientes na aplicação desta técnica ser mais reduzido que o espetável nesta técnica, é de referir que o número, à semelhança de outras indicações para a execução deste método, é apenas um indicador, não uma lei.



2.4 Indústria de injeção de Plásticos

A presente dissertação, como já foi referido no capítulo anterior, foi baseada num estudo de caso elaborado numa empresa cujo processo produtivo consiste na moldagem de peças plásticas através do processo de injeção. Devido a este facto, o presente capítulo destina-se ao estudo deste tipo de indústrias.

2.4.1 Introdução aos plásticos

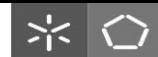
O uso de materiais plásticos tem apresentado, no último século, um aumento significativo.

Desde a descoberta das primeiras resinas até à evolução científica dos métodos de processamento de plásticos e seguinte introdução e inclusão nos mercados, que se tem assistido a um consumo em larga escala de produtos com este tipo de materiais. Este fato pode ser facilmente apercebido se fizermos uma retrospeção do tipo de produtos existentes na casa de nossos visavós ou avós quando éramos mais novos, ou seja fins dos anos 80 inícios dos anos 90. Certamente não se encontraria caixas plásticas para armazenar os alimentos, ou qualquer outro tipo de artigos em plástico como utensílios domésticos.

Em décadas nos quais o uso e abuso deste tipo de materiais foi extremo, surgiram preocupações com o impacto que o uso destes teria no meio ambiente e, como tal, na possibilidade desta degradação ter impacto nas futuras gerações da humanidade. A preocupação com o meio ambiente é um tema de preocupação mundial relativamente recente. Fatores como o aquecimento global, efeito de estufa, redução da camada de ozono, degelo das camadas polares são assuntos e factos observados.

Estando a dinâmica do sistema, dito normal, da Terra comprometido, ações iniciadas pelo ser humano foram desenvolvidas, desde políticas de redução de emissão de poluentes, à proibição de agentes com emissão de CFC's (clorofluorocarbonetos), à necessidade de reflorestação e mudança de hábitos como a execução de reciclagem.

Os processos produtivos referentes à moldagem de plásticos proliferaram, na grande parte, devido à capacidade que estes processos possuem para reproduzir múltiplos produtos distintos, de complexidade variável (desde os mais simples aos mais complexos), em quantidades “astronómicas”. Por outro lado existem centenas de diferentes tipos de plásticos, o que equivale a terem-se produtos com uma combinação de diferentes características. Os materiais plásticos não



apresentam todos as mesmas características e, a estes, ainda se lhe podem juntar aditivos que alteram as suas propriedades, melhorando-as consoante a necessidade e exposição do produto final. Genericamente pode-se considerar que os plásticos apresentam baixa densidade, o que torna o material leve numa relação peso/volume, baixa rigidez, boa resistência química, elevado coeficiente de expansão térmica, baixa condutibilidade térmica e elétrica, baixa resistência mecânica relativamente aos aço ou metais. Todos estes atributos são vantajosos, uma vez que existe a formação de produtos sem necessidade operações de acabamento, com uma excelente relação resistência/peso, cujo processamento se pode qualificar de fácil e existir a possibilidade de personalização da cor. Adicionalmente, pode-se acrescentar que o plástico é um material higiénico e assético, é um bom isolante térmico devido à sua baixa condutibilidade térmica, apresentam uma baixa exigência de manutenção, não são corrosivos, e não são facilmente quebráveis. Como desvantagem pode-se referir a elevada contração dos materiais plásticos.

2.4.2 Processo de moldagem

Os processos de moldagem de plásticos surgiram após a descoberta dos mesmos no século XIX por cientistas americanos. O primeiro material plástico a ser descoberto foi a celuloide, em 1865, por John W. Hyatt. A celuloide serviu durante muitos anos como substituto do marfim na produção de bolas de bilhar. O termo plástico deriva da sua característica de maleabilidade, característica esta saliente na chamada “bakelita”, descoberta em 1907 por Leo Baekeland Hendrick. A baquelite possuía uma tal multiplicidade de características e durabilidade que passou ser o principal constituinte de produtos domésticos, industriais e militares.

Durante todo o início do século XX muitos novos materiais plásticos foram desenvolvidos, incluindo os seguintes: rayon em 1891; celofane em 1913; nylon, em 1920; policloreto de vinilo (PVC), em 1933; teflon, em 1938; polyethylene em 1933.

Segundo Harada (2004) o recurso ao uso do processo de injeção para a produção de peças plásticas mais simples e de pequena dimensão teve início a partir de 1940.

Interessa realçar que existem duas grandes categorias de plásticos, os termoplásticos e os termofixos. Os termofixos, ao contrário dos materiais termoplásticos, não sofrem alteração significativa de rigidez quando expostos a elevadas temperaturas.



Tabela 1: Análise comparativa entre termoplásticos e termofixos

Materiais Termoplásticos	Termofixos
<ul style="list-style-type: none"> • Necessitam temperaturas elevadas para serem moldados; • Reutilizáveis/ recicláveis; 	<ul style="list-style-type: none"> • Apenas requerem um catalisador para sofrer mudanças de forma permanente; • Não podem ser reutilizados através de nova fundição;
<ul style="list-style-type: none"> • Genericamente não apresentam ligações cruzadas • Representam 70% do tipo de plásticos usados na indústria 	<ul style="list-style-type: none"> • Não são reutilizáveis; • Possuem ligações cruzadas;
<ul style="list-style-type: none"> • Apresentam elevada viscosidade e viscoelasticidade; 	

Um termoplástico é um polímero de elevada viscosidade que quando sob a ação de temperaturas elevadas muda de estado, passando do estado sólido para o estado líquido, devido à perda das ligações de hidrogénio. Em estado líquido, o termoplástico é moldado de forma a adquirir a forma desejada, uma vez que quando o material arrefece é perdida a viscosidade e este adquire a forma do molde no qual permanece. Nestas mudanças de estado, que alternam entre o estado sólido e líquido da matéria, não existe a perda de ligações covalentes das moléculas. Por esta razão o material é reciclado sem perder a totalidade das suas características. As características que distinguem um termoplástico de outro residem no tipo e quantidade de ligações moleculares estabelecidas entre os seus monómeros e o tipo de moléculas que constituem as moléculas. Sendo assim, os elementos químicos que constituem os monómeros dos termoplásticos podem torná-lo mais ou menos reativo aos agentes externos como o calor, ação mecânica e química, e afinidade com as moléculas de água (H₂O).

Quanto mais polar forem as moléculas dos termoplásticos, maior afinidade têm estas com as moléculas de água, característica esta que interfere no processamento da matéria. A fluidez do material, também irá ter impacto nas características mecânicas, térmicas e químicas do material onde irá ser inserido.

Com a descoberta dos plásticos e das suas características, os modos de proceder ao seu processamento e moldagem também foram evoluindo. Atualmente existem vários processos de moldagem no mercado. Todos os processos de moldagem de plásticos têm em comum o uso de matérias-primas poliméricas em forma de grânulos e o seu aquecimento.



O tipo de processos de moldagem de injeção até então desenvolvidos e conhecidos são:

Processo de extrusão: Processo semelhante ao que ocorre com os metais, mas que requer temperaturas de processamento mais elevadas. Este processo pode processar tanto termoplásticos como termofixos. A resina termoplástica passa ao estado líquido através do seu aquecimento num cilindro, no qual, através de um parafuso rotativo, esta é pressionada até alcançar a extrusora. Em seguida, a peça extrudida é expulsa do molde e submetida a uma temperatura que força o material a atingir a sua temperatura vítrea, de modo a assegurar a sua estabilidade dimensional. Este arrefecimento é, geralmente, feito através de um jacto de ar ou com um sistema de arrefecimento a água. A matéria-prima amolecida, quando sai da extrusora, conserva a sua forma ao longo toda a sua extensão. Produtos típicos deste processo são, por norma, flexíveis, como embalagens, sacos e bobinas.

Injeção: Tipo de processo analisado neste projeto de investigação e desenvolvido, posteriormente, nos próximos capítulos. Este tipo de processo tanto molda termoplásticos como termofixos. A diferença é que os segundos são processados a temperaturas mais baixas, o material fundido requer que a temperatura do molde seja superior à da temperatura do molde exigida nos termoplásticos. Certos termoendurecíveis (termofixos) requerem uma ventilação mais exigente nas cavidades do molde.

Sopro: Processo no qual a pressão do ar serve como distribuidor de um plástico macio pela cavidade do molde. O material fundido sai pela ação de uma matriz ou fieira, assemelhando-se a uma mangueira, no qual, no momento de fecho do molde, uma espécie de agulha é introduzida. Desta agulha é expelido ar que exerce uma pressão sobre o material obrigando-o a preencher as cavidades do molde, estando assim moldada a peça após o seu arrefecimento.

Injeção / Sopro – Pré-forma: Processo no qual são conjugadas as características do processo de injeção com as características do processo de sopro. Este processo surgiu com o objetivo de moldar a matéria-prima PET (polietileno tereftalado), devido às suas características peculiares. Mantida sob a forma de uma embalagem em vácuo, pré-forma, a matéria-prima PET é derretida dentro de um equipamento próprio, no qual o ar é inserido internamente, fazendo com que este adquira o formato do produto final. Este processo está presente em recipientes usados para



depósito de líquidos. Devido ao seu elevado índice de transparência e bom desempenho, torna-se num bom processo para reproduzir produtos capazes de armazenar líquidos gaseificados.

Rotomoldagem/Centrifugação: Processo no qual a matéria-prima em forma líquida ou em pó é colocada num molde que, encaminhado para um forno, é movido horizontalmente e verticalmente pela ação mecânica de braços destinados a espalhar a matéria-prima pelo molde. Ainda em movimentos giratórios, o molde é deslocado do forno e refrigerado pela ação de água, pela combinação de água e ar ou simplesmente ar. Na secção de carga e descarga o molde é aberto e a peça removida. O processo retoma com a inserção de nova matéria-prima. Este tipo de processo é usado industrialmente para o fabrico de peças de dimensões relativamente elevadas, ocas e total ou parcialmente fechadas.

Injeção assistida por gás: Neste processo, o molde não totalmente recheado pela matéria-prima fundida sofre a ação de um gás que se espalha pela totalidade do molde. Devido às suas condicionantes, este processo requer que a quantidade do material seja devidamente doseada a fim de evitar peças não conformes. Uma quantidade de material diminuta pode fazer com que o material seja trespassado pela ação do gás, fazendo com que haja zonas sem material. Por outro lado, uma dose excessiva de material pode fazer com que a acumulação deste em determinadas zonas tornando-as mais espessas e com um tempo de ciclo potencialmente distinto, penalizando a conformidade da peça.

Termoformação: Processo no qual a génese dos produtos ocorre através do aquecimento de uma chapa em resina termoplástica, que introduzida num molde molda a sua forma. A fundição do material para moldagem ocorre via ar quente. Após ser aquecido à semelhança dos restantes processos, o molde é arrefecido pelo contacto com água a temperaturas mais baixas. Este processo está presente em produtos como vasilhames descartáveis ou copos e pratos plásticos.

Moldagem por compressão: Processo no qual o material plástico é pré-aquecido ou não, dependendo dos próprios requisitos da matéria-prima e é inserido na cavidade inferior de um molde aquecido. A parte superior do molde desce e comprime o material submetendo-o a



elevadas pressões. Estas condições forçam o material a preencher na totalidade o molde. Após o material estar solidificado, o molde abre e um êmbolo faz com a peça seja removida do molde. Em caso de excessos de material a peça é rebarbada.

2.4.3 Moldagem por injeção

O processo industrial de moldagem de plásticos por injeção apresenta a matéria-prima em forma de grânulos. Estes grânulos são derretidos por ação de um cilindro de metal aquecido presente nas máquinas de injeção, dando-se assim o fenómeno de plastificação. O material plástico líquido é movimentado e acumulado ao longo de uma “rosca” transportadora. Neste transporte ao longo da rosca existe uma distribuição e uniformização do material e da temperatura alcançada por este. Após esta fase, o material empurrado pela rosca é injetado dentro da cavidade de um molde com o formato predefinido, para ser obtida a forma que o produto final ou peça em projeto irá ter.

O molde é um componente extremamente importante no processo de injeção uma vez que, para além de dispendioso e complexo, tem a influência preponderante de tornar o produto não conforme e por sua vez o processo ineficiente. A forma ou modo como o molde é projetado, manuseado ou conservado determina a sua eficiência. (Rosato, 2000). Para melhor entendimento deste facto, basta ser explícito que a função do molde é a distribuição e acomodação do material fundido, dando a forma dos seus contornos ao material quando arrefecido. Os moldes são normalmente construídos por ligas de aço revestidas de um tratamento que lhes conferem maior resistência, acabamento superficial do produto, resistência ao desgaste sofrido no processamento, melhor extração do produto e melhores trocas de calor.

Por todos estes motivos torna-se claro da relevância do elemento molde no processamento por injeção e o seu impacto económico quando se pondera a aquisição e manutenção deste componente.

É espectável que o molde seja desenhado de forma a se adaptar à máquina de injeção que o irá receber. Fatores que interessam analisar nesta relação molde-máquina de injeção são, entre outros, a capacidade de injeção, a capacidade de plastificação, o volume ou dimensões do molde, a velocidade de injeção e a força de abertura e fecho do molde. Por outro lado, no momento de conceção do molde, ter-se-á de contar com o tipo de material que este vai receber, ou seja as características presentes na matéria-prima e as reações que esta possui em contacto

com temperaturas elevadas de processamento, ou seja como a contração do material, fluidez e abrasividade.

Segundo as normas estabelecidas para os componentes de compressão- Moldes de injeção, ISO 12165, existem cinco tipos de moldes: Molde padrão (com duas gavetas), Molde com gaveta, Molde de três placas, Molde com câmara quente e Molde Stack ou Sanduiche (Gastrow, 2006).

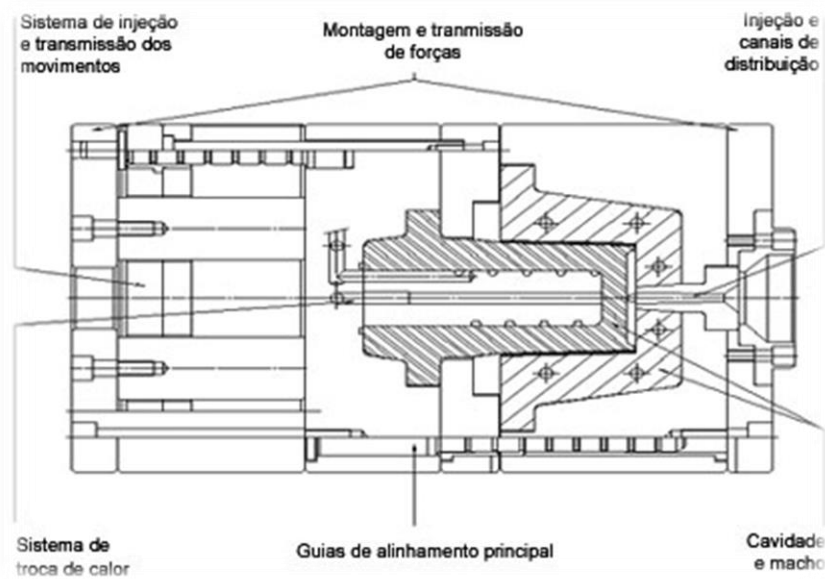


Figura 14: Esquematização da estrutura de um molde (Rosato, 1993; Rees, 1995; Menges, 2000)

O desempenho de um molde pode ser condicionado por vários fatores, mas que no seu todo estão relacionados com a sua fase de concepção e acabamento. Entre os fatores influentes pode-se destacar:

- Número de cavidades do molde;
- Massa de material presente em cada injeção;
- Ciclo de moldagem;
- Força de fecho do molde;
- Abertura do molde;
- Alimentação;
- Arrefecimento;
- Aquecimento;
- Contração do plástico;

A primeira máquina de injeção foi concebida por John Wesley Hyatt em 1878. Este tipo de máquina pode ser decomposta sucintamente por duas partes distintas: unidade de injeção e unidade de fecho. A unidade de injeção é a secção responsável pela plastificação do material e transferência deste para o interior do molde onde é depositado e arrefecido até adquirir a forma final. O material que é depositado no molde encontra-se instalado numa estrutura composta por uma parte móvel e uma parte fixa. É esta parte móvel que executa os movimentos de abertura e fecho do molde que por sua vez constituem a unidade de fecho. A unidade móvel quando abre, após o arrefecimento do molde e consequente solidificação da matéria, liberta as peças resultantes do processamento.

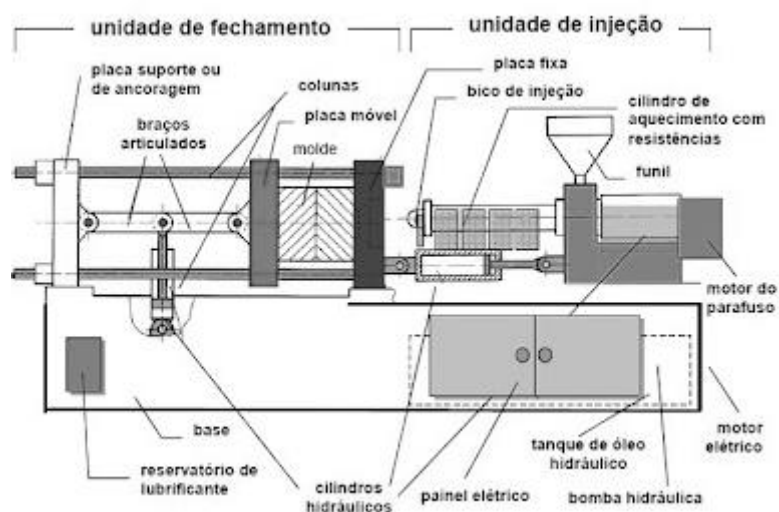


Figura 15: Principais componentes presentes numa máquina injetora horizontal (CEFET, 2004)

Existem quatro tipos genéricos de máquinas de injeção: Máquina injetora horizontal, máquina injetora vertical, máquina injetora a 90° e máquina injetora em Tandem. As máquinas injetoras horizontais são máquinas cujos movimentos de abertura e fecho do molde se executam horizontalmente. Na sequência desta lógica, as máquinas de injeção na vertical são máquinas cujos movimentos se executam na vertical. As máquinas injetoras a 90° são máquinas horizontais nas quais as unidades de fecho e injeção se encontram perpendicularmente uma em relação à outra. Por último, as máquinas Tandem são máquinas que possuem a unidade de injeção situada lateralmente à unidade de fecho. Na unidade de fecho estão situados dois moldes que podem ser alimentados simultaneamente, duplicando a produção (CEFET, 2004).



Segundo o modo como operam as máquinas injetoras, as mesmas podem ser de três tipos: automáticas, semiautomáticas e manuais. As máquinas automáticas processam ininterruptamente em ciclos seguidos sem intervenção necessário do operador. A interrupção deste tipo de máquinas só ocorre a caso ordem seja dada ou o alarme seja ativo. As máquinas semiautomáticas trabalham sozinhas e só requerem a intervenção do colaborador no momento de troca de ciclo. As máquinas com um modo operativo manual requerem uma intervenção sistemática do colaborador a cada ação distinta que a máquina execute (Rosato, 2000).

Um ciclo produtivo num processo de injeção é composto pelas seguintes etapas:

1. Dosagem do material plástico granulado no cilindro de injeção (molde fechado).
2. Fusão do material até a consistência de injeção (aquecimento do molde).
3. Injeção do material plástico fundido no molde fechado (injeção, pressurização e plastificação).
4. Resfriamento do material plástico até a solidificação (arrefecimento).
5. Extração do produto com o molde aberto (abertura do molde, extração e pausa no ciclo)

Estas etapas do ciclo de injeção podem também ser apercebidas nas etapas de funcionamento da máquina de injeção representada na Figura 16.

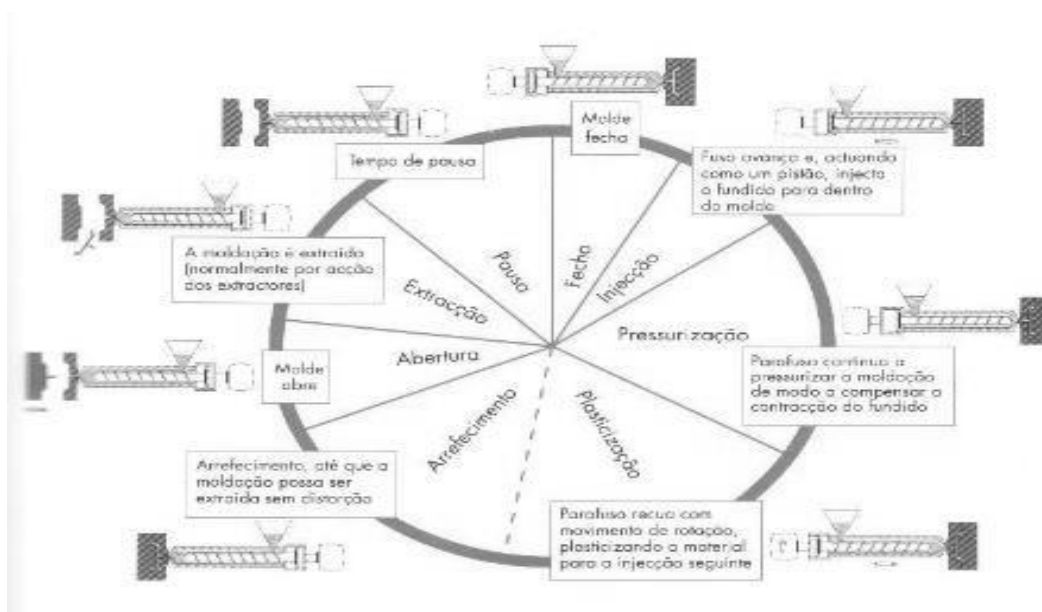


Figura 16: Imagem ilustrativa das diferentes fases presentes no ciclo das máquinas de injeção (Dias, 2008)

Das fases presentes no processo de injeção, a fase de arrefecimento é a que ocupa mais tempo, perfazendo um total cerca de 60% do tempo do ciclo de injeção. O tempo de ciclo para a produção de peças plásticas de dimensões reduzidas pode variar entre os 10 e os 35 segundos. No entanto pode chegar a atingir 2 minutos em peças de grandes dimensões. Pela interpretação destes números, compreende-se facilmente que é possível alcançar volumes produtivos bastante elevados num dia de trabalho. A este facto juntam-se outros que são a autonomia e o rendimento deste tipo de máquinas. Estas máquinas, pelas suas características, podem trabalhar horas seguidas sem a presença a tempo inteiro de um operador. Este facto permite a uma organização gerir melhor os seus recursos, direccionando a força da mão-de-obra para outras funções não tão facilmente automatizadas. É de salientar que a mão-de-obra representa dos fatores mais dispendiosos de uma organização, por isso a rentabilização do seu recurso torna-se vital. Uma vez que este tipo de máquinas (máquinas de injeção) apresenta rendimentos elevados, é comum encontrar na indústria de plásticos organizações cujo período de trabalho é de 24h diárias, cinco dias por semana.

Sendo que as máquinas automáticas necessitam da presença do operador na sua programação de trabalho e estas, após esse período, funcionam autonomamente, então compreende-se que este período no qual o operador é requerido para efetuar a sua programação e efetuar os ensaios de *set-up*, é um período com necessidades acrescidas. Após o período inicial



referido, a máquina trabalha sozinha, o operador apenas necessita de ir fazendo uma verificação do andamento da produção e, intervir, caso haja alguma incongruência no funcionamento normal da produção. Este é o principal fator que torna este setor capaz de ser quase na sua totalidade automatizado. Indústrias de topo são, na sua maioria, automatizadas, uma vez que conseguem tirar partido das vantagens que este tipo de processos apresentam.

De modo a estudar com mais detalhe as máquinas nas quais se realizam o processo de moldagem por injeção, na tabela 2 apresentam-se os principais sistemas e subsistemas das máquinas de injeção e suas principais características.

Tabela 2: Sistemas presentes nas máquinas de injeção (Harada, 2004)

Sistemas presentes num molde	
Sistema de Fecho: Sistema responsável pela abertura e fecho do molde. Este movimento vai permitir a libertação da peça do molde.	<ul style="list-style-type: none">• Mecânico: Sistema antigo usado em pequenas produções, dependente por completo do colaborador. Este aciona alavancas que coordenam o movimento do molde;• Hidráulico de Pistão: Um pistão hidráulico ligado a um cilindro, condicionam a abertura e fecho do molde. A pressão presente no óleo destes componentes doseia a força de movimentos do molde• Hidráulico de Braço Flipper: O molde possui um braço que impede a abertura do molde enquanto o processo de injeção ocorre. O movimento do braço está dependente de dois cilindros ligados a uma placa do molde estando submissa destes a pressão/ força dos movimentos tecidos.• Sistema Hidráulico-Mecânico: Um sistema de articulações ligadas a um cilindro e pistão hidráulico, acionam os movimentos de uma placa que conduz a abertura e fecho do molde. É presentemente o sistema mais usado na indústria;
Unidade de injeção: Unidade responsável pelo derretimento dos grânulos de plástico, recebidos em quantidades pré-estabelecidas, e transportados até à ponta da rosca. Esta rosca é aquecida por resistências elétricas e pela	Tipos de máquinas injetoras: <ul style="list-style-type: none">• Máquina tipo Pistão:<ul style="list-style-type: none">○ Conjunto de injeção por êmbolo: Máquina com a presença de um pistão responsável pelo acionamento do movimento do sistema hidráulico (movimento semelhante ao de uma seringa);○ Conjunto de plastificação por pré-plastificador: Este tipo de máquinas possuem uma unidade superiormente posicionada sobre o cilindro, na qual se efetua um pré-aquecimento para plastificação da matéria-prima;• Máquina tipo Rosca: Máquinas com roscas que movimentam, plastificam e uniformizam o material até a chegada desta ao molde;



pressão de cisalhamento. Há chegada do molde, este com temperaturas mais baixas, o material vai solidificando ganhando a forma do mesmo. Este sistema tem como funções o avanço e recuo do parafuso, formação de pressão entre o parafuso e a bucha, dosagem do material através dos movimentos giratórios do parafuso, alívio da pressão no parafuso no momento do seu recuo, pressão de recalque compactando o mesmo.

Elementos do Sistema de injeção:

- Sistema de acionamento e controlo:
 - Base:
 - Sistema hidráulico:
 - Reservatório e filtro:
 - Permutador de calor:
 - Bomba:
 - Válvulas:
 - Atuadores lineares:
 - Atuadores rotativos:
 - Sistema pneumático;
 - Sistema elétrico;
 - Sistema de aquecimento;
 - Pirómetro;
 - Chaves de contração;
 - Amperímetro;
 - Cabos termoplásticos;
 - Resistências elétricas;
 - Temporizador;
 - Chaves fim de curso;
 - Painel de controlo;
 - Sistema de refrigeração;
 - Sistema de lubrificação

Uma das características que diferem os principais processos de moldagem processo de moldagem por extrusão e processo de moldagem por injeção, é o facto do processo de injeção ser um processo cíclico.

2.4.4 Otimização do processo de injeção

Tendo por base uma filosofia Lean, uma otimização só é possível eliminando os desperdícios. Desperdício será toda e qualquer ação que não acrescente valor ao produto ou processo. Tudo é suscetível de ser melhorado e esta é também uma das filosofias do TQM, a melhoria contínua.

Tendo por base estas filosofias é vital evidenciar e conhecer os parâmetros que mais influenciam o processo produtivo de modo a otimiza-lo.



Tempos mortos presentes no processo os quais são, segundo Manriche (2005), passíveis de serem reduzidos (eliminação de desperdícios) são os tempos destinados ao fecho e abertura do molde, tempos de extração e avanço ou recuo do injetor. Todavia, há que ter em conta que estes tempos não podem ser reduzidos se houver o comprometimento da qualidade das peças (não conformidade visual ou funcional, por exemplo).

Os parâmetros de injeção das máquinas apresentam uma relação de dependência de uns em relação aos outros no que respeita à conformidade das peças. Quando se altera um parâmetro existe a necessidade de alterar proporcionalmente o parâmetro/parâmetros que interage/interagem com a variação do primeiro.

Os parâmetros de injeção que requerem maior preocupação pela sua capacidade de interação de dependência e influência direta nas características do material, havendo assim uma relação direta na conformidade do produto, são:

- Temperatura do molde;
- Temperatura do material fundido;
- Preenchimento do molde;
- Tempos e pressões de recalque;

De forma mais genérica pode-se considerar que a qualidade das peças de injeção e do seu processo dependem: do tipo de máquina de injeção e sua capacidade; da eficácia com que os moldes são projetados; de como o acabamento é feito; pela uniformização da temperatura e pressão de injeção; pelo preenchendo do molde de forma racional e, por último pelo acondicionamento das peças, de forma à qualidade destas não ser comprometida.

Uma variação na temperatura do molde faz com que haja uma variação na viscosidade do material, que, por sua vez vai ter influência na pressão. Uma mudança na viscosidade do material poderá fazer com que a temperatura de arrefecimento necessária seja também alterada e, por consequente, o tempo de ciclo do processo.

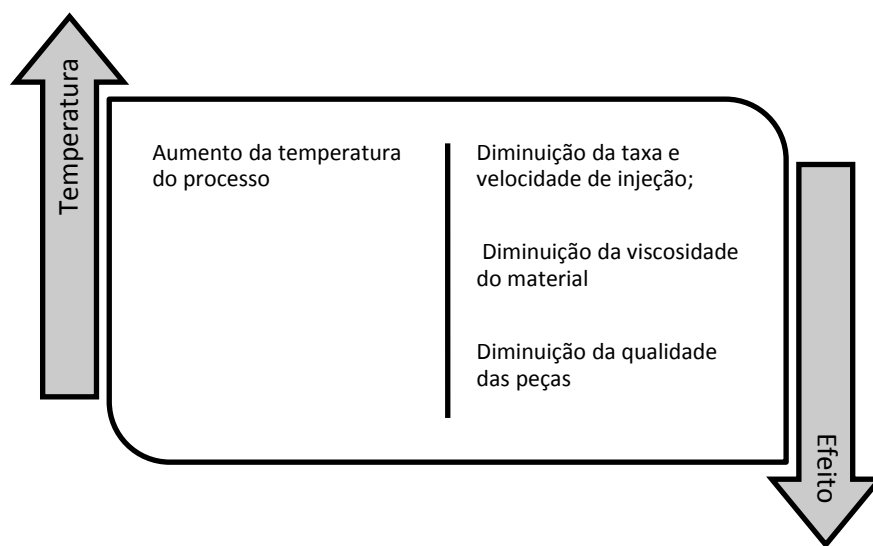


Figura 17:Relação causa-efeito do aumento da temperatura de injeção (Harada, 2004).

Outros parâmetros cuja alteração da temperatura influencia:

- Peso e tensões internas no produto final;
- Redução da pressão de injeção;
- Aumento da facilidade em preencher o molde a pressões mais reduzidas;
- Tempo de refrigeração;
- Temperatura do molde com variações no volume de polímeros;

Para além das situações mencionadas anteriormente, pode-se ainda acrescentar que a temperatura do molde deve ser regulada com a temperatura do fluido de modo a existir um equilíbrio térmico que não afete a qualidade do produto final.

A temperatura a que se encontra o material plástico tem, como já foi anteriormente referido, impacto na viscosidade do material. Por sua vez, a viscosidade é um fator que, no processo de injeção, se mede pela capacidade que o material apresenta em se distribuir pelas paredes do molde. Um aumento da temperatura do material plástico vai fazer com que haja uma diminuição da viscosidade do material. Para se obter então as condições ótimas de viscosidade paralelamente à temperatura do fundido terão de ser conjugadas as dimensões dos canais de injeção e de espessura da parede do molde.

Um aumento gradual da temperatura do material irá fazer com que haja uma diminuição da pressão de injeção, havendo também uma diminuição das tensões do molde. Esta diminuição da pressão fará com que a pressão exercida no material sobre o molde seja enfraquecida e o preenchimento das cavidades do molde dificultado. Peças processadas a temperaturas demasiado elevadas têm um aspeto inestético e apresentam-se mecanicamente frágeis uma vez que o material parte muito mais facilmente.

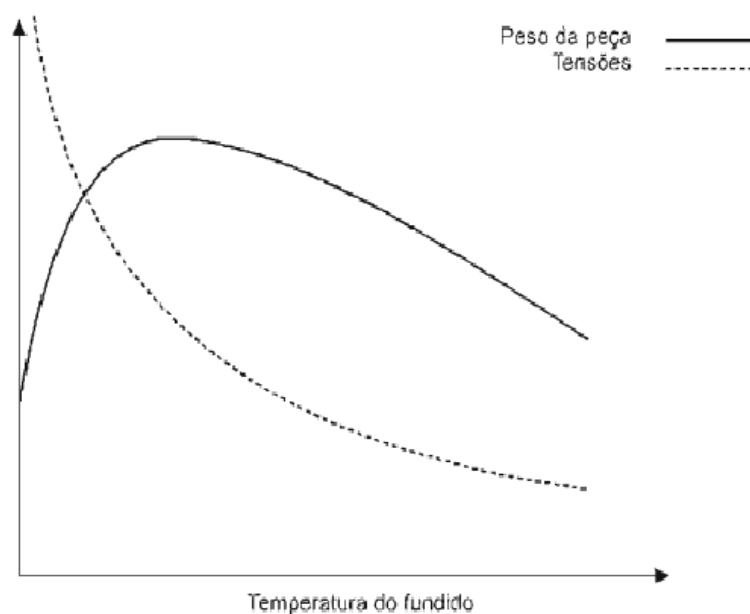


Figura 18: Comportamento do material polimérico segundo a variação da temperatura (Manrich, 2005)

O gráfico da figura 18 representa a relação entre o comportamento genérico da pressão e peso do material plástico com o aumento da temperatura. Conforme se pode verificar, o aumento da temperatura do material plástico faz com que a pressão exercida sobre este reduza exponencialmente tendendo para um valor de equilíbrio em mais infinito. Por sua vez, o aumento da temperatura do material irá fazer com que peso tenha um comportamento que se assimila a uma função quadrática negativa. Existe um ponto de interceção entre a função peso e a função pressão, para uma dada temperatura. Este ponto será um ponto ideal que conjuga os três fatores em análise.

Conforme se pode concluir da análise do gráfico, a temperaturas mais baixas existe uma redução na compactação do material devido às baixas pressões e consequentemente uma redução do peso da peça.



Com o aumento da temperatura, a viscosidade do material diminui, havendo uma maior fluidez do material que permite aumentar a compactação da massa no molde, reduzindo defeitos na peça como os denominados “chupos”. Uma vez que a pressão apresenta um comportamento exponencial negativo, à medida que a temperatura aumenta, a pressão de recalque que acompanha este aumento diminui, resultando, por sua vez, num aumento do volume do material devido à temperatura. Nestas circunstâncias, as peças ficam com maior contração.

A contração volumétrica ocorre nos materiais plásticos, como em quase em todos os materiais, com a exceção da água, na passagem do estado líquido ao estado sólido, no momento de arrefecimento do molde. Esta contração, se não for devidamente controlada, pode resultar em peças com defeitos. A fim de evitar estes efeitos indesejados, deve-se manter a pressão elevada durante o processo de arrefecimento. Havendo uma sustentação da pressão pelo parafuso da extrusora, então poder-se-á evitar defeitos comumente verificados, tais como bolhas e chupos (defeitos na solidificação do material).

O preenchimento do molde diz respeito à cobertura total do molde pelo fluido plástico. Fatores que interferem neste preenchimento são a velocidade de injeção, pressão de injeção e, conseqüentemente, o tempo despendido a preencher o molde com o material plástico fundido.

Genericamente, o preenchimento do molde pode ser decomposto em três fases sequenciais: preenchimento, pressurização e compensação. A primeira fase diz respeito à ocupação do espaço do molde pelo material plástico, a segunda diz respeito à ação da pressão sobre o material depositado nas paredes do molde, ajudando à sua compactação e, por último, a compensação diz respeito a um segundo depósito de material no molde com o objetivo de cobrir as regiões do mesmo com déficit de material.

Contemplando uma análise aos fatores que influenciam o enchimento do molde, pode-se constatar que a aplicação de diferentes velocidades de injeção tem como consequência a obtenção de diferentes valores de pressão no interior do molde. Quanto maior for a velocidade de injeção, maior entropia vai existir no interior do molde e, por conseguinte, maior a pressão no mesmo. Paralelamente se compreende que um decréscimo na velocidade de injeção criará um menor atrito no interior do molde e, portanto, menor entropia.

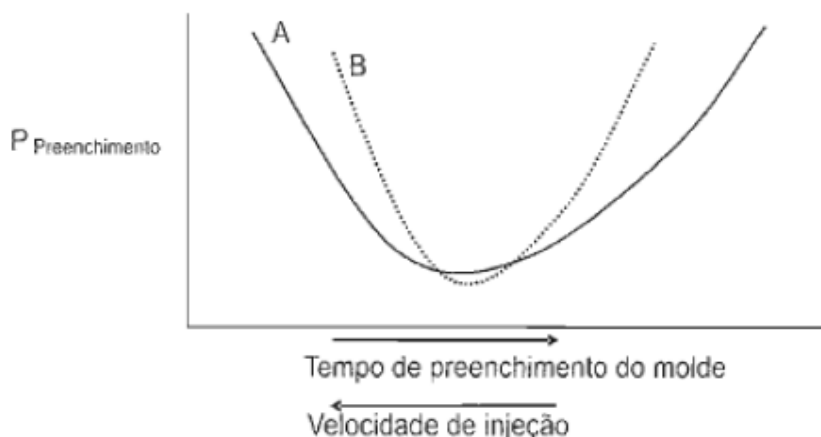


Figura 19: Comportamento de dois materiais poliméricos diferentes à variação da velocidade de injeção (Manrich,2005).

A figura 19 acima ilustra a reação da pressão de injeção perante a variação da velocidade de injeção. A relação mencionada descreve graficamente uma função quadrática positiva. Este tipo de gráficos sugere que se se aumentar ou diminuir a velocidade de injeção, tendo como ponto de referência o ponto de equilíbrio da relação em estudo, então gerar-se-á uma situação de desequilíbrio. A figura representa 2 polímeros diferentes, A e B, uma vez que se pretende demonstrar que a velocidade de injeção faz variar diferentemente a pressão, consoante as características de cada polímero. Esta diferenciação prende-se na concavidade da curva do gráfico, que pode ser mais ou menos acentuada, consoante a pressão de injeção seja mais ou menos reativa ao aumento da velocidade de injeção.

A aplicação de diferentes níveis de pressão de recalque por um determinado período de tempo fará com que haja diferentes quantidades de massa de fluido plastificado empurrada para o interior do molde. Pode-se perceber então que o aumento da pressão de recalque durante um período de tempo, vai fazer com que o molde seja mais preenchido de material, aumentado por conseguinte o peso final da peça. Esta ilação fará compreender então que se a pressão de recalque for insuficiente poderá existir uma probabilidade acentuada da peça final ter falta de material, gerando uma peça não conforme, que pode ser denominada de “ratado” pelo aspeto a que se assemelha. Por outro lado, uma pressão elevada de recalque fará com que haja material em excesso depositado no interior do molde, originando uma peça com defeito, por possuir zonas

no qual o material está presente e não deveria. Este tipo de defeito pode-se denominar de peças com excessos ou com “rebarbas”.

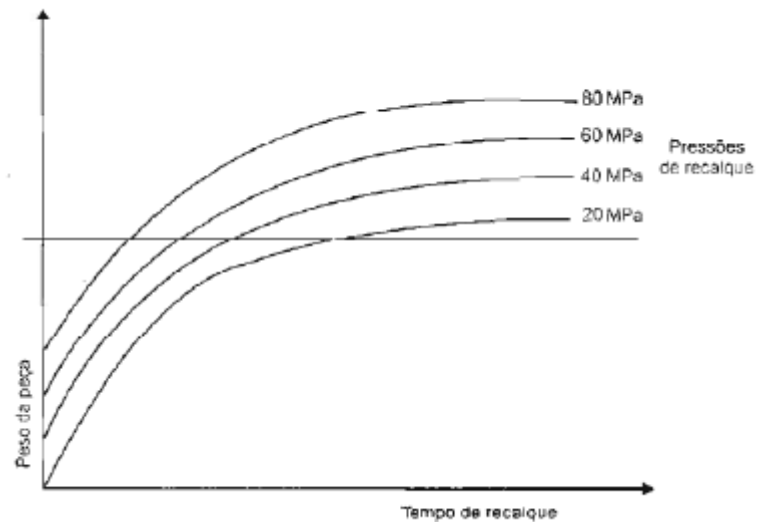


Figura 20: Relação entre o tempo de recalque e o peso da peça (Harada, 2004)

A Figura 20 representa diferentes níveis de pressão de recalque aplicados durante um intervalo de tempo e sua influência no peso da peça.

Segundo os estudos realizados por Usama M. Attia & Jeffrey R. Alcock, verificou-se que mantendo a pressão constante, a temperatura de fusão e velocidade de injeção faziam variar, de forma significativa, a massa da peça a injetar. Por outro lado, isolando o fator velocidade, mantendo o mesmo a um valor constante, apenas se verificou um impacto significativo na variação da massa da peça em injeção.

2.4.5 Não conformidade das peças de injeção

A Qualidade do processo de moldagem por injeção está condicionada por dois fatores extremamente importantes: o projeto de moldes e as condições de processamento. Do ponto de vista da concepção dos moldes é necessário conjugar as especificações técnicas do formato do molde que irão dar o aspeto e forma ao produto final, assegurando, entre outros fatores, a conformidade funcional da peça. O comportamento do material face às condições de injeção é uma reação que deve ser devidamente estudada. Independentemente das características inerentes ao tipo de material usado em processamento, o encolhimento ótimo deve ser usado para compensar o encolhimento das partes moldadas.



Do ponto de vista do processamento a nível industrial é importante analisar as condições de processamento, pois existem fatores controláveis inerentes ao processo que exibem melhores resultados no produto final do que a manipulação de outros parâmetros.

Segundo as pesquisas realizadas por Darlington et al., Michaeli Lauterbach e, e Miller, a velocidade de injeção e pressão são as características de processamento preferenciais para a seleção de variáveis de entrada do processo, na medida em que se pretende estudar os efeitos dos *inputs* do processo que afetam a qualidade.

A qualidade das peças é avaliada segundo três requisitos: aparência, dimensão e força mecânica.

Os parâmetros de qualidade estão, normalmente, associados com a possibilidade de preencher completamente as cavidades de tamanho micro no interior da cavidade do molde durante o processamento.

A variabilidade presente neste tipo de processos é semelhante às variações que ocorrem na generalidade dos processos industriais. Tais variações são usualmente atribuídas a alterações nos parâmetros do processo: parâmetros variáveis de forma controlada e parâmetros não controláveis.

É a variabilidade sistemática que é conjugada pelos responsáveis de produção juntamente com os responsáveis de qualidade para obter as características desejadas para o produto final. Normalmente, na fase de conceção do produto é elaborado um protótipo que é aprovado pelo cliente e este vai servir de exemplo, ou peça de referência, para a produção em série.

O conhecido termo de fatores de ruído ao processo são aqueles fatores como já referidos não controláveis, de dispersão ou de variabilidade não sistemática de resposta, que ocorrem durante condições de operação normais. Conhecendo portanto os fatores que condicionam a conformidade das peças, pode-se analisar então qual o seu efeito.

O SmartArt abaixo representado exhibe as principais causas que promovem a formação de peças com estrias ou peças “raiadadas”.



Peças com estrias ou "raiadas"

Material:	Máquina:	Processamento:	Molde:
<ul style="list-style-type: none">• Baixa estabilidade térmica do polímero ou aditivo;• Elevada concentração de humidade na MP• Contaminação;	<ul style="list-style-type: none">• Elevado atrito na zona da rosca ou bico de injeção;• Obstrução do fluxo de material;• Pontos descontínuos no fluxo de material;	<ul style="list-style-type: none">• Distribuição não uniforme das temperaturas do cilindro;• Temperatura do material fundido;• RPM da rosca de plastificação;• TC elevado;• Elevadas pressões de recalque;	<ul style="list-style-type: none">• Condicionamento do ponto do injeção, canal de distribuição ou canal da bucha;• Tipo e tamanho do ponto de injeção;• Canais para remoção de gases no molde;

Figura 21: Não conformidade: Estrias (Maraghi, 1997)

O tipo de não conforme “chupos” ou “rechupes” contemplam peças não conformes nas quais existem zonas com depressões. Estas depressões surgem devido à contração excessiva e não uniforme do material junto a nervuras ou zonas nas quais existe uma maior acumulação de material.



Figura 22: Peça com raiados ou estrias
(http://www.tudosobreplasticos.com/processo/solucoes_injecao.asp)



Peças com "Chupos" ou "rechupes"

Material:	Máquina:	Processamento:	Molde:
<ul style="list-style-type: none">• Material muito viscoso;• Temperaturas muito elevadas na fundição da MP;	<ul style="list-style-type: none">• Folgas no sistema de rosca;	<ul style="list-style-type: none">• TC baixo;• Velocidade de injeção inadequada;• Tempo de recalque diminuto;• Pressão de recalque insuficiente;	<ul style="list-style-type: none">• Paredes do molde com demasiada espessura;• Canal de injeção demasiado longo;• Tipo e localização do ponto de injeção;• Arrefecimento

Figura 23: Não conformidade: Chupos/ Rechupes (Maraghi, 1997)



Figura 24: Peça com rechupes ou mossas (Silva,2009)

Outro tipo de defeito muito comum no tipo de moldagem por injeção são as peças incompletas ou “ratadas”. Este tipo de peças apresenta zonas com falta de material devido a um mau preenchimento da cavidade do molde.

Peças incompletas/"ratadas"

Material:	Máquina:	Processamento:	Molde:
<ul style="list-style-type: none">• Baixa fluidez da MP (viscosidade elevada);• Temperaturas baixas de processamento;• Material com aditivos;• Material indevidamente moído causando uma má alimentação do processo;	<ul style="list-style-type: none">• Obstrução do bico de injeção;• Capacidade de injeção insuficiente;	<ul style="list-style-type: none">• Insuficiente pressão de injeção;• Reduzida velocidade de injeção;• Baixa pressão de recalque;	<ul style="list-style-type: none">• Canal de fluxo de material demasiado extenso;• Molde mal projetado;• Cavidade de inserção de material reduzida;• Incorreta remoção de gases do molde;

Figura 25: Não conformidade: Incompletos/ "ratados" (Maraghi, 1997)



Contrariamente às peças incompletas, as peças com rebarbas ou excessos são peças não conformes nas quais se verifica um excesso de material no enchimento das cavidades do molde.



Figura 26: Peça incompleta (Silva, 2007).

Peças com excessos ou "rebarbas"

Material:	Máquina:	Processamento:	Molde:
<ul style="list-style-type: none">• Diminuição abrupta da viscosidade da MP;• Aumento excessivo da temperatura de processamento;	<ul style="list-style-type: none">• Pirómetro desregulado;• Placas de fixação do molde mal reguladas<ul style="list-style-type: none">• Força de fecho insuficiente;	<ul style="list-style-type: none">• Pressão de injeção demasiado alta;• Velocidade de injeção muito elevada;• Elevada pressão de recalque;• Força de fecho indevida;	<ul style="list-style-type: none">• Linha de fecho do molde danificada;• Canais de remoção de ar excessivamente profundos;<ul style="list-style-type: none">• Temperatura de superfície do molde demasiado elevada;• Pino de extração com folga;<ul style="list-style-type: none">• Copo estranho ao processo preso na face do molde;

Figura 27: Não conformidade: Peças com excessos ou rebarbas (Maraghi, 1997)

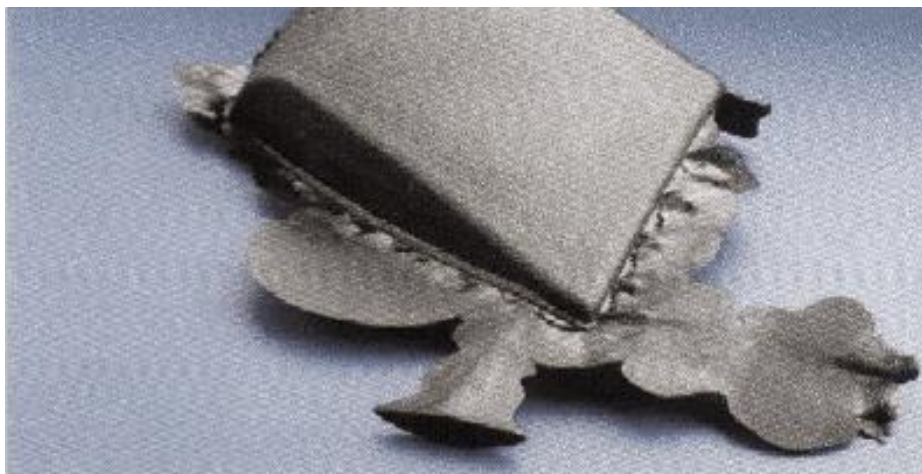


Figura 29: Peça com rebarbas ou excessos (De Blasio, 2007)

Um tipo de defeito comum de índole estético é a descoloração ou pigmentação não uniforme das peças plásticas.

Peças descoloradas

Material: <ul style="list-style-type: none">• Temperatura elevada do material;• Material reciclado em excesso;• Material contaminado;• Uso do pigmento incorreto;• Quantidade de pigmento incorreta	Máquina: <ul style="list-style-type: none">• Capacidade da máquina superior às necessidades;• Folga no sistema de rosca;• Aparelho de medição de tensão mal regulado;	Processamento: <ul style="list-style-type: none">• Excesso de contrapressão;• Má limpeza do cilindro, funil ou misturador na troca de cor ou material;
--	--	--

Figura 28: Não conformidade: Descoloração (Maraghi, 1997)

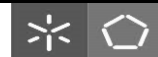
Um tipo de não conformidade que interfere significativamente no dimensionamento das peças de injeção e, conseqüentemente, compromete a funcionalidade da sua aplicabilidade num sistema de montagem são as peças deformadas ou com empenos. Algumas das causas que conduzem ao aparecimento de peças com empenos são referidas na Figura 30.



Peças deformadas ou com empenos

Material: <ul style="list-style-type: none">• Elevada temperatura da MP;• Elevada viscosidade do material;	Processamento: <ul style="list-style-type: none">• Elevada pressão de injeção e de pressurização/recalque;• Elevada velocidade de extração e baixa velocidade de injeção;• Reduzido tempo de arrefecimento;	Molde: <ul style="list-style-type: none">• Elevada temperatura do molde;• Arrefecimento do molde não uniforme;• Má projeção do sistema de extração;• Peças com espessura de parede diferente;
--	--	---

Figura 30: Não conformidade: Empenos (Maraghi, 1997)



3. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A seleção do tópico de investigação centrou-se na análise das forças e interesses pessoais. O tópico de investigação foi refinado com a discussão de ideias com o orientador e com a análise de outros projetos de dissertação e pesquisas bibliográficas.

Sendo os objetivos específicos do projeto de dissertação a identificação de defeitos do processo e a identificação de ações de melhoria, definiu-se como técnica de investigação o uso das ferramentas da qualidade (Análise de Pareto e Diagrama de Ishikawa) e o recurso à utilização de grupos de foco para a seleção das ações corretivas mais adequadas. A razão para a utilização destas ferramentas deve-se ao facto de serem ferramentas de fácil execução, sem grandes esforços ou custos associados, cuja compreensão, execução e manutenção de utilização por parte da mão-de-obra se advém de dificuldade reduzida.

O recurso à utilização de grupos de foco teve como objetivo envolver, incentivar e sensibilizar os membros da chefia da empresa, para os objetivos do projeto. Através desta abordagem pretendeu-se captar a colaboração e interesse destes membros, adquirindo paralelamente um conhecimento mais aprofundado da organização, uma vez que estas entidades (chefias) têm um conhecimento e uma perspetiva única do funcionamento de todo o sistema. Linderman, K., Schroeder, R. G., Zaheer, S., Liedtke, C., & Choo, A. S. (2004).

O novo programa de qualidade delineado insere-se no método de investigação denominado de estudo de caso.

O método de estudo de caso foi selecionado para a conceção da presente dissertação, uma vez que permite ao investigador assistir e reportar os fatores a estudar de uma forma mais ativa sem simultaneamente interferir no sistema em estudo. A presença do investigador no sistema em estudo permite uma maior compreensão do mesmo, havendo uma recolha direta de informação. O facto de ser estudada apenas uma organização, não permite generalizar conclusões para várias organizações, no entanto permite que as conclusões sejam aplicadas ao sistema estudado.

3.1.1 Filosofia, estratégia e método de Investigação

A filosofia de investigação é a filosofia que o investigador adota. Com base nas crenças pessoais referentes à natureza e desenvolvimento do conhecimento, existem várias filosofias definidas



e estas variam consoante a posição do investigador face à epistemologia, ontologia e axiologia do conhecimento.

A postura adotada pelo investigador tendo em conta o que este considera ser conhecimento válido, dita diretamente a sua estratégia e método de investigação.

Face ao que é para o investigador a realidade, a validade do conhecimento e os valores pessoais, definiu-se a filosofia presente no projeto de investigação.

Tabela 3: Ilustração dos parâmetros da metodologia de investigação (Mark Saunders, Philip Lewis and Adrian Thornhill 2008)

Ontologia	Epistemologia	Axiologia	Método de investigação	Filosofia
Realidade é algo objetivo, independente de crenças e suposições, mas tem de ser interpretado face ao seu contexto social.	A génese do conhecimento reside nos factos e estes factos têm de ser interpretados face ao contexto em que se encontram.	O modo como os dados são analisados pode ser influenciado pelas experiências, cultura e forma de ver o mundo do investigador.	Método escolhido dever inserir-se no objeto de estudo, quantitativo ou qualitativo.	Realismo

No presente projeto de investigação, os dados recolhidos no processo produtivo serão interpretados objetivamente como ocorrências credíveis e enquadrados ao seu contexto. Os não conformes serão analisados perante as causas que lhe dão origem, sendo estas causas analisadas segundo o método dos 6 M: Máquina, Matéria-prima, Meio-ambiente, Mão-de-obra, Método e Medida.

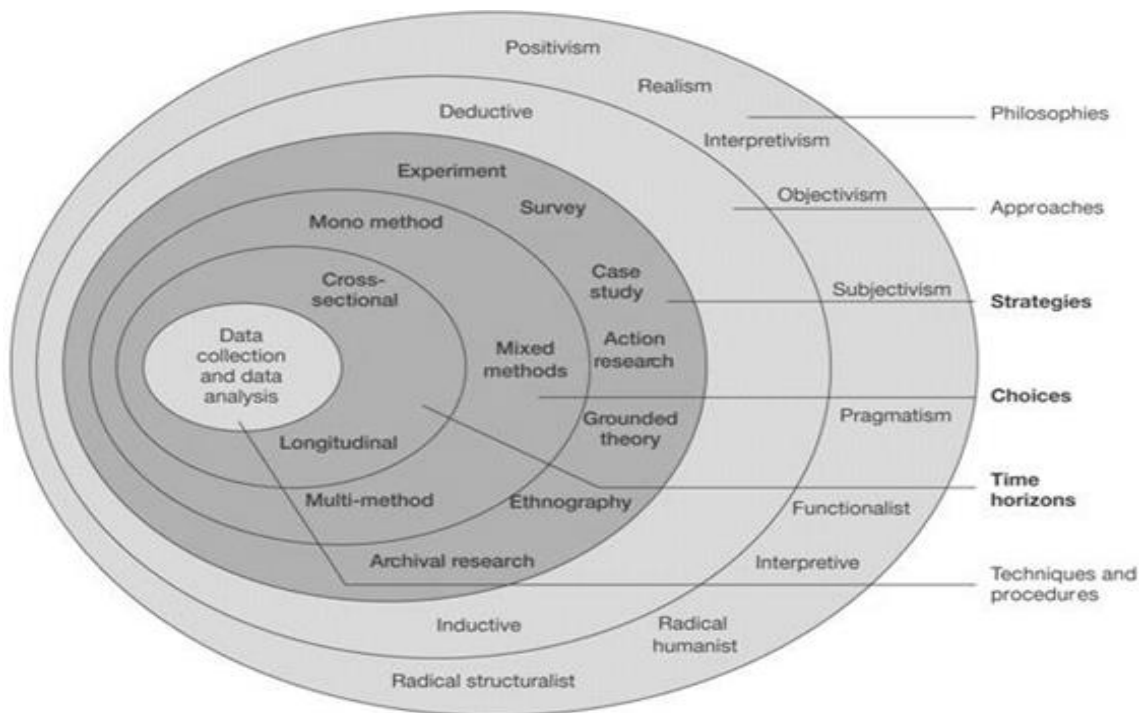


Figura 31: The research "Onion" (Mark Saunders, Philip Lewis and Adrian Thornhill 2008).

Tendo em conta a filosofia e o carácter do projeto, que se enquadra numa análise de gestão, na qual existe uma abordagem direccionada ao problema com vista a obter soluções práticas para problemas práticos, então pode-se concluir que está subentendido a presença de um paradigma do realismo.

Conforme se pode analisar da Figura 31, sendo a filosofia de investigação o Realismo, então a abordagem existente terá de ser dedutiva, ou seja, com base nos conhecimentos já existentes, neste caso concreto conhecimentos desenvolvidos e analisados na área da qualidade que evidenciam a relação existente entre o uso das ferramentas da qualidade e a melhoria do desempenho das organizações.

Este tipo de abordagem, dedutiva, é definida pelas seguintes características:

- ✓ Posse de princípios científicos;
- ✓ Ter como ponto de partida teorias já estudadas e acreditadas;
- ✓ Existência de relação de causa-efeito entre as variáveis;
- ✓ Recolha de dados quantitativos;
- ✓ Abordagem estruturada;



- ✓ Investigador independente do que é investigado;
- ✓ Grande amostragem de dados;
- ✓ Operacionalização de conceitos para clareza de definições;

A seguinte etapa presente na imagem acima retratada diz respeito à estratégia. A estratégia adotada foi o estudo de caso.

O estudo de caso usa técnicas como a observação e a análise de conteúdos, técnicas estas postas em ação aquando a observação do sistema produtivo e análise de documentos da organização.

O método usado no tratamento e análise de dados é de origem quantitativa.

Quanto ao horizonte temporal da investigação, este é longitudinal, uma vez que o estudo é realizado ao longo do ano de 2012, o que dá para ter noção da progressão da produção de não conformes ao longo desse período de tempo.

Definida a filosofia, a abordagem, a estratégia, o método e o horizonte temporal, tem-se definida a metodologia de investigação empregue no presente estudo.

Tabela 4: Metodologia de investigação

Filosofia	Realismo
Abordagem	Dedutiva
Estratégia	Estudo de Caso
Método	Único
Horizonte Temporal	Longitudinal

4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo é apresentada uma breve descrição da empresa na qual foi realizado o estudo de caso.

4.1 Apresentação da empresa



Figura 32: Ilustração da instalação da COPEFI Roménia



Figura 33: Ilustração das instalações COPEFI Braga

A Copefi Part é uma empresa de produção e comercialização de componentes plásticos por injeção e montagem de subconjuntos, sendo o seu principal mercado a indústria automóvel. Esta empresa apresenta soluções que vão desde desenhos 3D, desenvolvimento de protótipos, conceção de moldes de injeção, injeção plástica e à montagem de peças.

Com 12 anos de experiência, esta empresa, criada em 2001 em Portugal, oferece uma variedade enorme de produtos, que vão desde peças de segurança e regulamentação até componentes visuais.

Para além da fábrica de Braga, Portugal, esta organização também possui outra unidade industrial em Comuna Maracineni, Roménia, desde 2004.

Empregando cerca de 50 trabalhadores, a Copefi apresenta uma posição competitiva no mercado atual, devido não só à posse de uma equipa jovem, dinâmica e com formação multidisciplinar, mas também devido à aposta na Qualidade. Um comprovativo deste



comprometimento para com a Gestão da Qualidade pode ser evidenciado pelos certificados adquiridos por esta organização:

- 2001 Copefi foundation;
- 2003 ISO 9001/2000 certification;
- 2004 Copefi Components foundation;
- 2007 ISO 9001/2000 certification, ISO TS 16949 certification;
- 2008 ERP implementation;
- 2009 ISO TS 16949 certification;
- 2010 PME Lider (P) and New working space;
- 2011 ISO 14001 Certification;
- 2012 ISO 14001 Certification;

A dedicação constante no domínio tecnológico de processos e na procura contínua pela inovação possibilita a esta organização o acesso a novas oportunidades de negócios e permite a produção de produtos de alta qualidade a custos competitivos, fatores que asseguram a competitividade da empresa nos mercados nacionais e internacionais.

4.2 Descrição do sistema produtivo

A COPEFI no momento em que o cliente submete a sua intenção de efetuar negócio, começa por responder às necessidades do mesmo elaborando um projeto de conceção do produto segundo os requisitos estabelecidos pelo cliente. Com base no que foi definido com o cliente na fase anterior, inicia-se uma nova etapa na fase de projeto no qual se efetua um protótipo. O protótipo criado é apresentado ao cliente para sua aprovação e validação. Após a aprovação por parte do cliente, o protótipo torna-se numa peça exemplo e, tendo em conta a quantidade necessária produzir, a data acordada para entrega e as produções em curso de fabrico, gere-se a data que mais se adequa ao início da produção.

O início da produção é realizado a partir do momento em que é emitida a ordem de fabrico. Sendo a ordem de fabrico estabelecida e os recursos necessários disponíveis então, reproduzem-se as condições e variáveis que deram origem ao protótipo definido. Estas condições vão desde a máquina de injeção definida, até aos parâmetros da máquina e quantidade de matéria-prima e colorante doseado para o produto ter as características desejadas. Com os primeiros arranques da máquina, a



máquina é ajustada até as peças de *set-up* saírem conformes. Com o início da primeira injeção de peças conformes, acaba o período *de set-up* e inicia-se a produção dita “normal”. Conforme o tipo de máquina na qual é definida a produção, esta pode necessitar ou não de um colaborador sempre presente. No caso de o operador estar sempre presente em máquina, este retira as peças que saem da injetora, verifica o seu estado através de uma análise visual e, caso a peça esteja com um aspeto conforme então esta é colocada numa embalagem. Após a embalagem estar preenchida, a esta é-lhe inserida uma etiqueta de identificação. As máquinas que não requerem a presença a tempo integral de um operador, injetam as peças e estas são colocadas em embalagens que vão ser analisadas pelos colaboradores das mesas de escolha. Nestas mesas de escolhas, é feita a separação do produto conforme e não conforme. O produto conforme é então devidamente embalado e no final é-lhe colocada a etiqueta de identificação e aprovação de qualidade. Após recolhida a quantidade de peças necessárias estas seguem para expedição. Durante todo o ciclo produtivo são efetuados testes de medição para controlo da Qualidade. Estes testes vão desde a pesagem das peças à sua calibração. A frequência destes testes apresenta por norma uma periodicidade que vai desde hora em hora a duas vezes por turno. Esta periodicidade depende do tipo de controlo estabelecido. As peças que saem não conformes, são rejeitadas pelo operador e seguem para o moinho para ser possível a reutilização da sua matéria-prima futuramente. Em casos no qual o tipo de não conforme é “rebarbas”, ou seja, no qual há excesso de material injetado, este excesso é retirado pelos colaboradores, existindo assim um retrabalho que permite o reaproveitamento da peça. Todavia, sempre que a produção decorre com a obtenção de peças não conformes, é avisado o responsável da qualidade para este apurar as razões pelas quais a produção não está a decorrer conforme o previsto e alertar o responsável da produção. O responsável da qualidade também terá de direcionar os colaboradores para os limites de aceitação ou tolerâncias da Qualidade que a peça está sujeita, e direcionar o colaborador para a atitude que este deve tomar, como o caso de a peça ser rejeitada ou não, ou ser necessário aplicar uma ação de retirar o material em excesso por exemplo. As peças não conformes terão de ser assinaladas como tal, com as etiquetas apropriadas de cor amarela colocadas nas embalagens nas quais estas se situam. Este processo poderá ser facilmente compreendido com o esquema elaborado em Visio que se encontra em anexo 1.



4.3 Procedimentos adotados

Na presente secção é apresentada a descrição dos procedimentos adotados na realização deste projeto de dissertação. Nesta secção são apresentados e descritos os métodos usados com base na metodologia de investigação definida, assim como a análise crítica dos resultados obtidos.

4.3.1 Procedimentos e análise de resultados

Criar um programa de melhoria no âmbito da qualidade pressupõem o recurso a uma abordagem sistemática que envolve todas as funções de uma organização. Numa fase preliminar do projeto adquiriram-se conhecimentos para ser possível a execução do mesmo. Assim, a primeira etapa adotada foi a realização de uma pesquisa bibliográfica.

Em seguida e numa vertente mais prática, com base no plano de investigação, nomeadamente no que respeita aos métodos a usar de modo a responder ao objetivo principal e objetivos específicos (identificação de defeitos do processo e identificação de ações de melhoria), procedeu-se a um estudo e análise do processo produtivo na organização selecionada para o estudo de caso, empresa Copefi Part, cedada em Braga.

O estudo e análise do processo tem como finalidade a aquisição de conhecimentos sobre a dinâmica de funcionamento de todo o sistema produtivo, especialmente no que concerne à área afeta à qualidade. Estas funções foram realizadas através da observação direta e de consulta de documentos existentes na organização.

Tendo como ponto de partida a informação recolhida através dos registos de autocontrolo diários da empresa e tornando estes em informação de carácter informático, procedeu-se à análise dos mesmos. Os dados recolhidos foram relativos à produção realizada de cada artigo, assim como a máquina em que foi concebida a peça e o número e tipo de não conforme assinalado. Complementarmente, o número de peças não conformes e o tipo de não conformes, provenientes das peças tratadas nas mesas de escolhas, também foram contabilizados através da recolha de informação do documento “*registo de peças não conformes*”.

A amostragem em estudo contemplou toda a produção do ano de 2012 de modo a minimizar o erro associado ao tratamento de dados e à possibilidade de verificar a existência de tendências.

Em posse de toda a informação referente à amostragem selecionada fez-se uma análise com base no uso da ferramenta Análise de Pareto, de modo a possibilitar a identificação dos defeitos críticos. Complementarmente a este estudo, efetuaram-se outros estudos pertinentes, tendo em conta



os dados recolhidos, tais como defeitos por mês e a análise de não conformes por máquina. Com estas análises pretende-se verificar a existência de alguma causa assinalável responsável pela criação de não conformes.

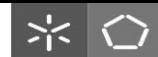
4.3.2 Análise de Pareto

A análise de Pareto, adaptada à produção de peças não conformes do ano de 2012, possibilita uma maior facilidade de identificação do tipo de não conformes mais frequentes.

A análise de Pareto referente ao estudo de caso pode ser visível através da análise da Tabela 5.

Tipo de Defeito	Defeitos Mensais de 2012												Total N.OK	% N.OK	% Ac.	C l.
	Jan.	Fev.	Mar.	Abr	Mai	Jun.	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez				
Incompleto	3256	4351	3557	9849	6417	6066	35419	2648	5927	16793	15363	25203	134849	40,14 %	40 %	A
Raiada	5632	3099	3719	1651	1675	6872	4690	1286	6637	3071	3900	4540	46772	13,92 %	54 %	B
Rebarba	795	16	11163	7171	577	553	192	1900	502	3554	3460	4627	34510	10,27 %	64 %	C
Outros	1955	294	76	56	2166	350	8087	4000	0	9510	5756	295	32545	9,69 %	74 %	C
Queimado	473	276	2573	3595	3021	5800	4999	619	540	1945	1774	176	25791	7,68 %	82 %	C
Coloração	531	168	1024	1311	2295	1062	418	510	6386	700	1899	2022	18326	5,46 %	87 %	C
Pintas	570	470	1059	1514	519	5762	207	79	962	2340	462	475	14419	4,29 %	91 %	C
Partidas	24	1198	1814	4154	515	207	106	0	706	420	1885	134	11163	3,32 %	95 %	C
Sujidade	750	491	225	78	1082	440	275	0	7	3023	782	0	7153	2,13 %	97 %	C
Brilho	125	60	500	46	202	0	0	0	0	0	1299	600	2832	0,84 %	98 %	C
Chupo	190	396	382	109	59	0	123	0	459	97	0	876	2691	0,80 %	99 %	C
Enchimento da Moldação	571	395	588	153	355	0	0	0	0	0	0	300	2362	0,70 %	99,25 %	C
Dano na Superfície	25	30	200	438	75	139	64	0	31	124	109	70	1305	0,39 %	99,64 %	C
Marca de extratores	48	25	18	27	0	0	509	0	0	16	0	22	665	0,20 %	99,83 %	C
Marca de gases	46	40	300	0	170	0	0	0	0	0	0	0	556	0,17 %	100 %	C
Total	14991	11309	27198	30152	19128	27251	55089	11042	22157	41593	36689	39340	335939	100 %		

Tabela 5: Análise do tipo de defeitos produzidos em 2012



É de extrema relevância fazer uma análise crítica aos dados recolhidos uma vez que podem conter erros associados. As folhas de registos usadas na empresa em estudo de caso são: “registo de autocontrolo” e “registos de peças não conforme” preenchidos nas mesas de escolha pelos colaboradores. Uma vez que são preenchidos pelos colaboradores, e estes, muitas vezes não têm a instrução devida ou não visualizam com cuidado as folhas de registo ou pelo próprio *stress* ou cansaço, cometem erros de registo. Estes erros podem ser devido a irregularidades, nomeadamente no que respeita à designação do tipo de não conformes ou incoerência no registo do tipo de defeito, ou preenchimento do campo “outros”. Outra dificuldade encontrada foi na leitura dos registos uma vez que o formato dos números não era sempre bem perceptível. Salienta-se que o modo de preenchimento das folhas assim como a designação do tipo de defeitos foi alterado pelo menos uma vez ao longo do ano de 2012.

Estando todos os registos usados em formato de papel existe a possibilidade de dano e extravio dos mesmos e, por consequência, poderão existir dados referentes a esses documentos em falta na análise. Na Tabela 5, acima representada, pode-se verificar que após o cálculo das percentagens acumuladas do tipo de não conforme se fez uma classificação dos dados em classes - a classes A,B, C. A simbologia destas classes estão abaixo explicadas.

Classe A: Fator único que, por si só, corresponde a 40% do total de não conformes produzidos;

Classe B: Fator com segundo maior peso em termos de frequência, correspondendo a 14% do total de não conformes produzidos;

Classe C: Classe maior número de parâmetros agrupados, mas menor em termos de importância relativa da frequência de cada um (parâmetro), correspondendo a 46% do total de não conformes produzidos.

Apesar das dificuldades encontradas, o registo de toda a informação foi realizada com o maior rigor e coerência possível, sendo em caso de dúvidas consultado o supervisor na empresa, responsável também pela gestão da Qualidade da organização.



Através da leitura da Tabela 5 referente aos não conformes do ano de 2012 pode-se salientar que existem 15 tipos de não conformes assinalados e que destes 15, o tipo de defeito “incompletas”, “raiadas” e “rebarbas” representam 64% do total de não conformes fabricados no ano referido.

O tipo de não conforme assinalado é explicado na Tabela 6 que se segue:

Tabela 6: Descrição do tipo de não conformidades

Tipo de não conforme	Designação
Peças incompletas	Peças cujo molde não foi devidamente preenchido, fazendo com que hajam partes com falta de material.
Peças raiadas	Peças com uma aparência irregular, assemelham-se a estrias no plástico.
Peças com rebarbas	Peças cujo molde foi demasiado cheio e o excesso de material saiu criando partes não definidas no designe da peça inicial.
Peças partidas	Peças com aspeto fraco que se partem facilmente. Material com pouca elasticidade.
Peças com brilho	Peças com excesso de óleo ou outra substância que dá um aspeto brilhante indesejado à peça.
Peças queimadas	Peças escurecidas devido a temperaturas de injeção demasiado elevadas.
Peças com coloração	Peças com uma cor indesejada.
Peças com pintas	Pintas por norma pretas devido a lixos ou restos de colorantes no molde.
Peças com sujidade	Peças com óleo ou outro tipo de sujidade agarrada.
Peças com chupo	Peças com buracos devido à contração do material.
Enchimento da Moldação	Peças com uma alimentação insuficiente do material. Igual às peças incompletas. É uma repetição dos registos, devido à confusão da designação do tipo de defeitos por parte dos colaboradores.
Marca dos extratores	Peças com linhas de fluxo e pregas à volta do canal de alimentação devido ao arrefecimento excessivamente rápido na região dos extratores.
Marca de gases	Peças com linhas de fluxo e pregas à volta do canal de alimentação devido ao arrefecimento excessivamente rápido na região das gases.

Através da análise da Tabela 5 pode-se verificar que, durante o ano de 2012, foram contabilizadas 335.939 peças não conformes de um total de 27158866 peças produzidas.

Agrupando os dados por classes pode-se constatar que a Classe “A” corresponde a 40% do total de defeitos produzidos.



A Classe “B” apresenta uma taxa de, aproximadamente 14% do volume de não conformes produzidos, dizendo respeito às peças raiadas.

Por fim, as restantes peças que completam a totalidade do volume de peças defeituosas produzidas no ano de 2012, sendo estes vários tipos de defeitos referentes à classe “C”, com menor relevância ao nível de quantidade individual produzida.

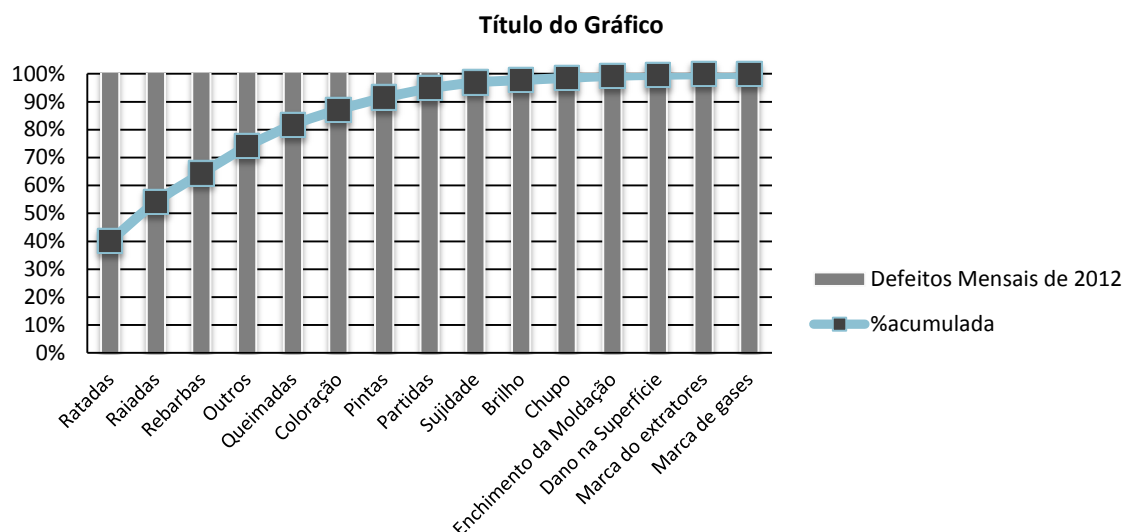


Figura 34: Análise de Pareto por defeito.

Visto que os resultados obtidos, relativamente a peças ratadas e raiadas, têm uma grandeza assinalável, torna-se pertinente saber qual a causa ou causas que estão na origem destes efeitos.

4.3.3 Análise de não conformes por máquina

Paralelamente à análise de Pareto dos tipos de não conformes, também se realizou uma análise da produção de não conformes pelo tipo de máquina. Este estudo pretende analisar a relação, caso exista, entre a produção de não conformes e o tipo de máquina na qual é efetuada a produção.

A existência comprovada de uma relação causal entre a produção de não conformes e a máquina na qual é realizada a produção, pode evidenciar o grau de eficácia do funcionamento das máquinas, clarificando deste modo, a necessidade de se realizarem manutenções mais frequentes ou a necessidade de aquisição de um novo equipamento, caso seja pertinente.

Sendo identificadas as máquinas com maiores taxas de não conformes produzidas, em conjunto com os elementos responsáveis pela produção e Qualidade na empresa, procurou-se determinar as



razões para a existência de diferenças assinaláveis da quantidade de defeitos produzidos por máquina, sendo para tal efetuada uma reunião e aplicadas nestas condições a técnica de grupos de foco.

Os dados recolhidos e o seu tratamento podem ser verificados na Tabela 7.

Tabela 7: Estudo de não conformes por máquina

Máquinas	Produção anual	Produção total da máq/produção anual	Defeitos	Percentagem de defeitos	Principal tipo de defeito
M1	893.465	3%	27141	3,04%	Ratada
M2	1.298.031	5%	34455	2,65%	Raiadas
M3	687.342	3%	13992	2,04%	Ratadas
M4	929.590	3%	13197	1,42%	Ratadas
M5	4.630.217	17%	37745	0,82%	Ratadas
M6	3.006.067	11%	34537	1,15%	Queimadas
M8	4.219.385	15%	44032	1,04%	Ratadas
M9	4.462.524	16%	60639	1,36%	Outros
M10	2.040.072	7%	4575	0,22%	Rebarbas
M11	2.174.853	8%	35422	1,63%	Ratadas
M13	2.475.833	9%	12951	0,52%	Ratadas
M14	504.898	2%	4394	0,87%	Ratadas
Total	27322277	100%			

Com base na análise dos dados da tabela, que agrupa a produção anual e a quantidade de não conformes de 2012 por máquina, pode-se verificar que as máquinas com maior taxa de defeitos registados foram as máquinas M1, M2, M3 e M11.

É de real importância referir que as máquinas com maiores taxas de não conformes registados não parecem ser as máquinas com maior volume produtivo, ou seja, não foram as máquinas que produziram mais. No entanto são as que apresentam maior proporção de não conformes relativo ao que produziram. Esta evidência pode ser comprovada na Tabela 8.



Tabela 8: Volume anual de peças produzidas por cada máquina

Ordenação das máquinas pelo volume de peças produzidas	
M5	4630217
M9	4462524
M8	4219385
M6	3006067
M13	2475833
M11	2174853
M10	2040072
M2	1298031
M4	929590
M1	893465
M3	687342
M14	504898

Com os dados dos tempos produtivos de cada máquina, também se averiguou a taxa de utilização das mesmas através da razão entre o tempo gasto a produzir e o tempo disponibilizado para a produção. Do tratamento dos dados recolhidos é possível concluir que a média da taxa de utilização das máquinas de injeção disponíveis na empresa é de, aproximadamente, 77%.

Não parecendo ser o volume produtivo a principal causa de produção de peças não conformes por parte das máquinas, afirmação sustentada pela análise efetuada, existe a pertinência de futuramente se realizar um estudo que procure analisar a razão destas máquinas produzirem com menos eficácia do que as restantes. Causas como a necessidade de realizar manutenção ou má utilização ou parâmetros desajustados podem ser os fatores que influenciam a qualidade das máquinas. Como tal é necessário verificar a origem do problema para poderem ser aplicadas as medidas de melhoria mais indicadas, de modo às causas serem diminuídas ou eliminadas.

Também poderá ser relevante fazer uma análise, mais detalhada, se a quantidade de defeitos que estas máquinas produzem poderão justificar a compra de um novo equipamento, ou seja, se com o tempo os custos associados à produção ineficaz (com defeito) serão de tal forma elevados que justifiquem a aquisição de um novo equipamento.

As máquinas de injeção presentes no sistema produtivo, tendo em conta o número de peças que produzem por cada injeção, podem ser de dois tipos: de “injeção” e de “peças”. O termo usado para descrever as máquinas que em cada injeção produzem várias peças do mesmo tipo, como por exemplo, duas peças esquerdas e duas direitas, são denominadas de máquinas de produção a



“injeção”. As máquinas que apenas produzem uma peça de cada tipo de cada vez, ou seja, uma esquerda e uma direita, caso a peça tenha um conjunto, foram denominadas de máquinas de peças.

A tabela 9 apresenta a classificação das diferentes máquinas.

Tabela 9: Máquinas de injeção VS Máquina de peças

Máquinas de injeção	Máquinas de produção peça a peça
M2	M1
M10	M3
M11	M4
M13	M5
M14	M6
	M8
	M9

Para além desta classificação, outra característica que distingue as máquinas do sistema fabril, é o facto de algumas destas possuírem um sistema de separação automático que separa as peças não conformes das peças conformes. Assim a produção de não conformes é automaticamente contabilizada o que não requer que as peças provenientes destas máquinas sejam revistas pelas escolhas. As máquinas com mecanismos de separação automática (máquinas grandes) são máquinas que exigem a presença, a tempo inteiro, de um operador.

As peças produzidas nas máquinas pequenas têm uma inspeção a 100%, pois estas passam uma a uma pela mesa das escolhas, na qual os colaboradores presentes fazem a análise visual do estado da peça e sua posterior separação. (ver Tabela 10).

Tabela 10: Distinção das máquinas de injeção

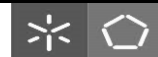
Máquinas Grandes	Máquinas Pequenas
M1	M5
M2	M6
M3	M8
M4	M9
M14	M10



	M11
	M13

Tendo por base a sessão realizada, suportada na técnica de grupos de foco, com os engenheiros de Qualidade e Produção, destacam-se as seguintes conclusões:

- Uma razão que aponta para o facto de a máquina M11 ser uma das máquinas com maior produção de não conformes, deve-se ao facto desta máquina apresentar um desgaste acentuado. Esta máquina também é responsável pela produção de uma peça especialmente problemática, uma vez que é uma peça que por norma apresenta um elevado número de defeitos associado sempre que é produzida.
- O facto dos registos das escolhas referentes à produção de não conformes não ser um registo imediato e existir a possibilidade de omissão destes registos na análise, pode fazer com que haja uma influência nos resultados, pois à exceção de M11, as máquinas com maior produção de defeituosos são as máquinas grandes (máquinas que contabilizam as peças rejeitadas).
- As máquinas M1, M2 e M3 foram máquinas nas quais foram efetuadas produções de peças mais antigas e suscetíveis de defeito, peças “complicadas”, uma vez que são peças que sistematicamente apresentam uma maior taxa de não conformes.
- As máquinas grandes, devido às suas características, apresentam uma relação entre o número de *set-ups* necessários e número de peças produzidas maior do que nas máquinas pequenas;
- Apesar do número de ordens de fabrico de cada máquina ser equivalente de máquina para máquina, o número de cavidades nos moldes das máquinas grandes é maior, sendo assim automaticamente produzidas mais peças em cada injeção. *Set-ups* maiores representam mais peças rejeitadas até a produção começar a efetuar peças conformes.
- Devido à dinâmica da empresa, que se depara com sucessivas ordens de fabrico de encomendas com emergência, existem produções que têm de ser interrompidas e posteriormente retomadas, por vezes, noutras máquinas. Este facto faz com que haja uma



maior necessidade de reajustes nos parâmetros da máquina, que sejam necessários novos tempos de preparação e arranque de máquinas. Tudo isto representa perdas de tempo e defeitos associados às mudanças de condições, para além da sobrecarga de trabalho e criação de stokes que minimizem perdas quando é necessário dar prioridade a outras encomendas.

- Para além das razões enumeradas anteriormente que justificam o facto das máquinas grandes apresentarem uma taxa de não conformes superior, há que também salientar que estas máquinas são mais suscetíveis de serem alvo de ensaios para projetos.

Devido ao reduzido número de intervenientes presentes na aplicação de técnica de grupos de foco e, à inexperiência do investigador como moderador, as conclusões aqui presentes poderão ter algumas limitações associadas.

4.3.4 Análise da produção de não conformes por mês do ano de 2012

Com o objetivo de averiguar a existência de variabilidade na produção de não conformes tendo em conta o mês em que foi realizada a produção, efetuou-se uma análise de não conformes por mês. O resultado do tratamento de dados efetuado referente a essa informação estão disponíveis na Figura 35.

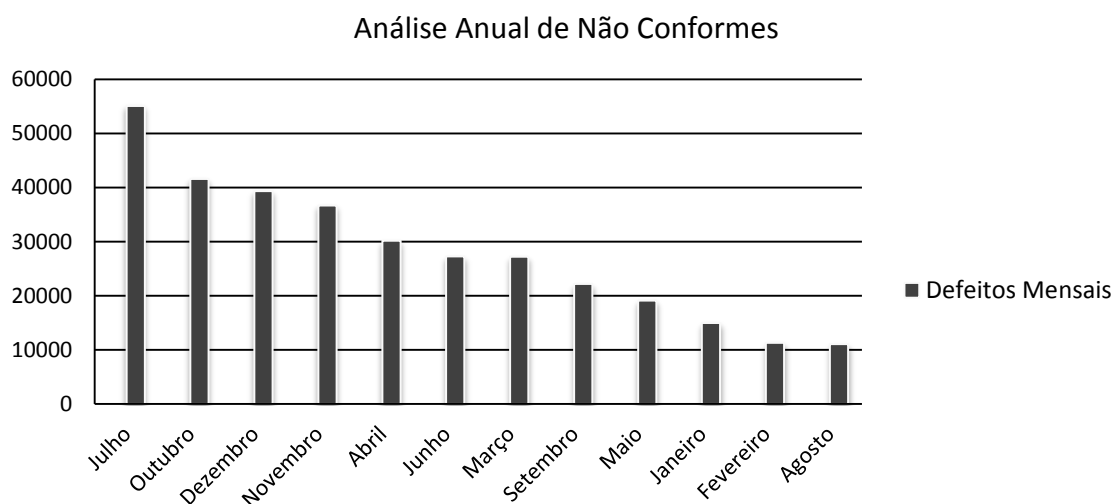


Figura 35: Gráfico de análise anual de não conformes

Conforme se pode verificar da leitura da Figura 35, os meses com maior produção de não conformes foram Julho, Outubro, Dezembro e Novembro.



Tendo por base os resultados obtidos, fez-se uma reunião com a engenheira da qualidade e do engenheiro de produção da empresa, responsáveis pela gestão da qualidade e controlo da produção, respetivamente.

Desta reunião, que constituiu uma aplicação suave da técnica de grupos de foco, surgiu as seguintes conclusões:

- Em Julho desenvolveram-se novos projetos que originaram a realização de vários ensaios com *set-ups* de dimensões elevadas, o que em parte justifica ser um mês com muitas peças não conforme produzidas.
- Os meses de Outubro e Novembro foram repletos de produções de peças ditas problemáticas por possuírem moldes cuja engenharia fomenta a produção de peças não conformes.
- O mês de Dezembro foi um mês no qual, à semelhança de Julho, foi alvo da realização de inúmeros testes para projetos de moldes em ajustamentos. Este facto, poderá influenciar a análise dos resultados obtidos, uma vez que Dezembro, tem com menos dias produtivos devido à paragem realizada no Natal.

Efetuando um tipo de análise diferente do que foi realizado até agora, irá realizar-se uma análise comparativa do total de não conformidades produzidas ao longo do ano de 2012 e a produção total que realmente foi efetuada.

Tabela 11: Tabela comparativa entre produção mensal e taxa de defeitos de cada mês

Defeitos Mensais	Meses (2012)	Produção Mensal	Taxa de Defeitos
55089	Julho	2838616	1,94%
41593	Outubro	2715633	1,53%
39340	Dezembro	1577806	2,49%
36689	Novembro	1882003	1,95%
30152	Abril	2080451	1,45%
27251	Junho	2686775	1,01%
27198	Março	2473424	1,10%
22157	Setembro	2346910	0,94%
19128	Maio	3305185	0,58%



14991	Janeiro	1321355	1,13%
11309	Fevereiro	2174142	0,52%
11042	Agosto	1756566	0,63%

Conforme se pode deduzir da interpretação da Tabela 11, os meses com maior produção de não conformes não foram os meses com maior produção mensal. Logo, a premissa de que a quantidade produzida interferiu na realização de não conformes é negada.

4.3.5 Diagrama Causa-Efeito: Quais as causas que deram origem aos problemas?

Após o uso do diagrama de Pareto para identificar os principais problemas que afetam a produção, procuram-se identificar as causas dos problemas, de forma a atuar na origem dos mesmos. Com o recurso a mais uma das ferramentas da Qualidade, o Diagrama de causa-efeito respondeu-se a esse objetivo. O Diagrama de Causa-efeito foi efetuado para os dois tipos de não conformes com maior predominância: peças incompletas e raiadas, tendo os mesmos sido suportados na técnica de grupos de Foco com os engenheiros de produção e qualidade.

A equipa referida participou com entusiasmo e a sua colaboração deu ênfase a resultados interessantes. Sobressaiu a existência de uma convergência de convicções na atribuição das causas que afetam a qualidade nomeadamente no que concerne à produção de não conformes de peças incompletas e raiadas.

A informação recolhida deu origem a dois diagramas de causa-efeito, cada um com o objetivo de apurar as causas para efeitos diferentes - peças incompletas e outro para as peças raiadas.

A atribuição das causas seguiu a estrutura dos seis M's, que dizem respeito às seis classes chave que afetam a Qualidade numa organização. Estas classes chave são: Meio-ambiente, Matéria-Prima, Mão-de-obra, Método e Máquina.

Para uma melhor leitura e entendimento, a informação do Diagrama de Ishikawa pode ser visualizada no anexo II.

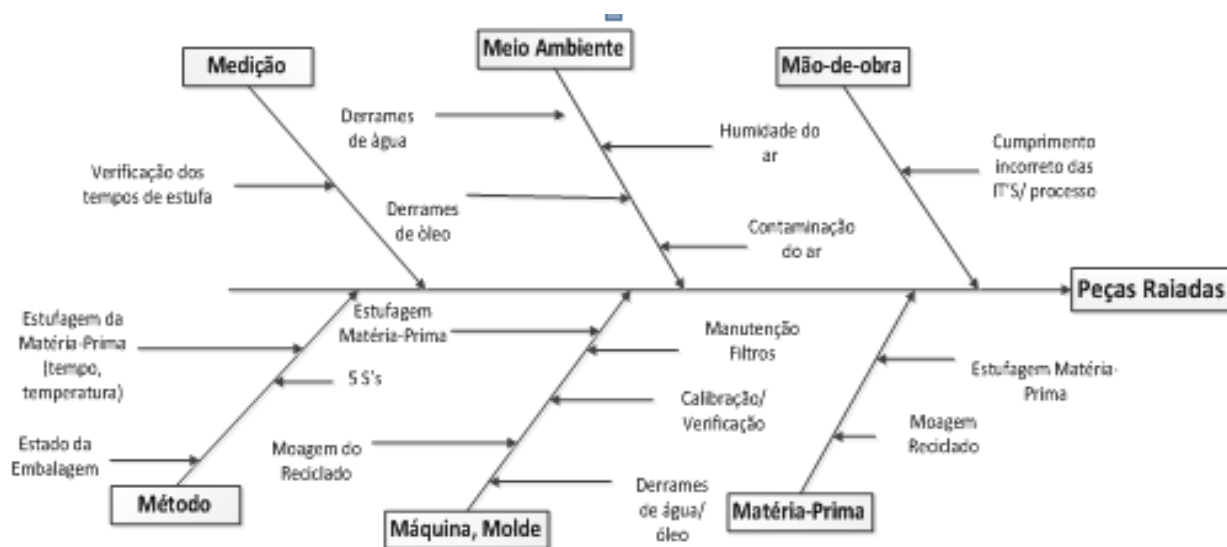


Figura 36: Causa-Efeito peças raiadas.

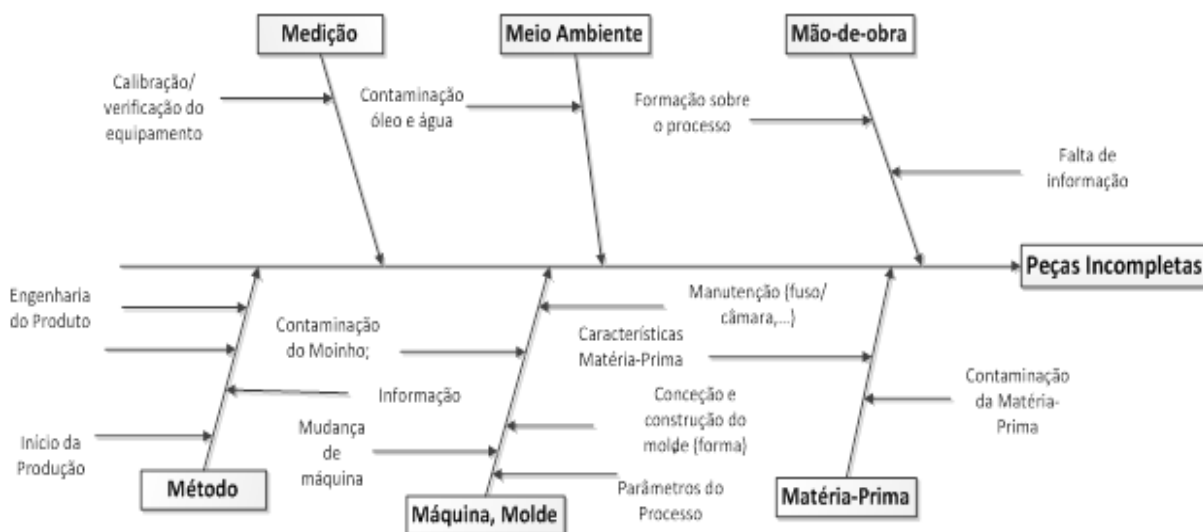


Figura 37: Diagrama Causa-Efeito Peças incompletas.

Genericamente, pelo que é observável do diagrama de Ishikawa para os dois tipos principais de defeitos, as principais causas que levam à criação dos não conformes assinalados são a contaminação do sistema por poluentes decorrentes da atividade do próprio sistema em estudo, ou por via de sistemas em paralelo responsáveis por outra produção simultânea; pela falta de formação dos colaboradores ou falta de adequação das instruções de trabalho perante condicionantes decorrentes da atividade do sistema produtivo; pela necessidade de aplicação de manutenções mais frequentes em



máquinas e equipamentos, e por fim, pela necessidade de uma melhor aplicação e sistematização da técnica 5'S. As restantes causas surgem quase como sequência ou reflexo das causas assinaladas anteriormente.

4.4 Ações de melhoria

Tendo conhecimento dos inputs do sistema produtivo que afetam a qualidade e dão origem às não conformidades mais frequentes, reuniram-se as condições suficientes para proceder à elaboração do plano de ações de melhoria.

Apesar do ideal ser a concretização destas ações para posteriormente se analisar os impactos das mesmas, tal não foi exequível, devido às limitações relacionadas com o tempo disponível para a investigação. Para se obter resultados que fossem verdadeiramente representativos do impacto das ações de melhoria, seria necessário uma amostragem similar à adquirida em estudo, ou seja, um ano de produção.

As ações propostas são resultado das intervenções recolhidas nos grupos de foco realizados. Adicionalmente também são consideradas as informações técnicas da organização e o conhecimento adquirido pela experiência e pela visualização e análise crítica do sistema, para além de todo o conhecimento adquirido na literatura analisada face ao contexto da empresa.

Face ao que já foi referido, seguem-se as ações propostas:

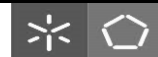


Tabela 12: Medidas de melhoria de ação sobre peças incompletas.

Causas assinaladas	Ação de melhoria __ formação de peças incompletas
Medição:	✓ Aumentar a frequência de verificação de trabalho da máquina;
Calibração / verificação dos equipamentos;	✓ Verificar e regular adequadamente o sistema de refrigeração, aquecimento e pressão;
	✓ Adequar sistemas de medida às necessidades;
Máquina e Molde:	✓ Aumentar os diâmetros dos canais de injeção, distribuição e alimentação, para reduzir perdas de pressão (quando aplicável);
Mudança de máquina; Contaminação do Moinho; Manutenção (fuso/câmara,...);	✓ Manutenção das máquinas;
Conceção do molde (forma); Parâmetros do Processo;	✓ Limpeza de todo o equipamento;
	✓ Reajustar engenharia de produção caso necessário e caso seja viável redefinir parâmetros com o cliente
	✓ Testar a viabilidade de aquisição de novos equipamentos
Matéria-Prima:	✓ Ajustar as características do processo às características da Matéria-Prima;
Características Matéria-Prima;	✓ Ajustar o processo aos diferentes contratipos de Matéria-Prima;
Contaminação da Matéria-Prima.	✓ Melhorar a separação de materiais reciclados e de matérias virgens
Causas assinaladas	Ação de melhoria __ formação de peças incompletas
Meio - Ambiente:	✓ Aumentar a periodicidade de limpeza do moinho;
Contaminação Matéria-prima;	✓ Implementar um sistema de limpeza das embalagens;
	✓ Aumentar o resguardo da matéria-prima;



	<ul style="list-style-type: none">✓ Melhorar separação de materiais para reciclar;✓ Melhorar limpeza dos equipamentos;✓ Melhorar a eliminação das contaminações por óleo e água.
Mão-de-Obra:	✓ Melhorar a formação dos colaboradores, quer sobre o funcionamento do equipamento quer no reforço da metodologia do modo operativo a executar;
Formação sobre o processo;	✓ Tornar o modo operativo mais intuitivo e visível;
Falta de informação;	✓ Adquirir modos de registos mais intuitivos e percetíveis;
	✓ Melhorar os meios de comunicação entre diferentes departamentos.
Método:	✓ Melhorar o planeamento da produção, de modo a assegurar que a cada produção é seleccionada a máquina mais adequada ao processo e que todo o material necessário à produção se encontra disponível e em bom estado;
Início da Produção;	✓ Redefinir modo operativo;
Parâmetros do Processo;	✓ Aumentar a frequência de manutenção de todo o equipamento.
Engenharia do Produto; Informação;	



Similarmente à forma e aos métodos e mecanismos usados para estabelecer as medidas de melhoria para aplicar face à formação das peças “incompletas”, foram esquematizadas as ações de melhoria aplicáveis para o combate à formação de peças “raiadas”.

As medidas de melhoria elaboradas para diminuir ou eliminar a formação de peças “raiadas” encontram-se descritas na Tabela 13.



Tabela 13: Ações de melhoria sobre peças raiadas.

Causas assinaladas	Ação de melhoria __ combate à formação de peças “raiadas”
<p>Medição:</p> <p>Verificação dos tempos de estufa;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aumentar a frequência de verificação do funcionamento dos equipamentos; ✓ Melhorar planeamento da produção; ✓ Ter uma folha de registo onde seja inserido o tipo de material que entra em estufa, a data e tempo de entrada e saída do material da estufa.
<p>Meio Ambiente:</p> <p>Derrames de óleo/água;</p> <p>Humidade do ar;</p> <p>Contaminação do ar;</p> <p>Estado das instalações</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Estudar a viabilidade de ajustar/redefinir o layout da empresa; ✓ Melhorar a limpeza e manutenção de máquinas de modo a que produções em processamento simultâneo não interfiram no sistema de funcionamento de cada um; ✓ Aumentar a eficácia no controlo sobre os derrames de água em mudanças de molde, por exemplo; ✓ Aumentar a eficácia no isolamento e tratamento de reciclados.
<p>Mão-de-Obra:</p> <p>Cumprimento das instruções de trabalho do processo;</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Melhorar a formação dos colaboradores; ✓ Melhorar a informação sobre o funcionamento dos processos juntos dos postos; ✓ Tornar os modos operatórios mais visíveis e intuitivos; ✓ Melhorar os meios de comunicação; ✓ Melhorar a informação técnica sobre os processos.



Causas assinaladas __ “Raiadas”	Ação de melhoria __ combate à formação de peças “raiadas”
<p>Método:</p> <p>Estado da Embalagem;</p> <p>Estufagem da Matéria-Prima (tempo, temperatura);</p> <p>Falha na aplicação 5 S's</p>	<p>✓ Informatizar os dados de funcionamento do processo e torna-los mais acessíveis e intuitivos;</p> <p>✓ Aplicar 5'S;</p> <p>✓ Formação nas mudanças de molde.</p>
<p>Máquina e Molde:</p> <p>Estufagem Matéria-Prima;</p> <p>Moagem do Reciclado;</p> <p>Manutenção Filtros;</p> <p>Calibração/ Verificação dos parâmetros da máquina;</p> <p>Derrames de água/óleo</p>	<p>✓ Aplicar 5'S;</p> <p>✓ Aumentar a frequência de manutenção dos equipamentos;</p> <p>✓ Formação sobre os equipamentos.</p>
<p>Matéria-Prima:</p> <p>Estufagem Matéria-Prima;</p> <p>Moagem Reciclado;</p>	<p>✓ Aumentar a verificação do estado da matéria-prima;</p>



Através da análise da informação das Tabelas 12 e 13 sobre as medidas de melhoria segundo tipo de não conformes e principais causas que afetam a qualidade do processo, pode-se verificar que há problemas comuns. Causas comuns assinalam a existência de medidas corretivas com necessidade de reforço urgente, pois ao serem aplicadas irão ter o seu impacto direcionado não só para um tipo de não conformidade em específico, mas irão ter um impacto assinalável na melhoria da Qualidade do sistema produtivo no seu todo.

As causas que despertaram maior atenção pelo seu grau de afetação de todo o sistema produtivo com um efeito “bola de neve” foram a falta de manutenção dos equipamentos, as falhas na comunicação e formação dos operários e, por fim, as falhas na limpeza e organização do sistema.

A falta de informação, comunicação e formação dos colaboradores vai fazer com que haja um desenrolar de ações inapropriadas no processo. Por outro lado, a falta de informação desencadeia no colaborador uma sensação de pouca autonomia e confiança no desempenhar das suas tarefas. Por sua vez, estes fatores aumentam a dependência dos colaboradores para com os membros de gestão intermédia, aumentando a pressão destes e a falta de tempo dos mesmos para o desempenhar de outras tarefas. Sensações de desânimo ou desmotivação podem ser geradas alterando o rendimento de todo o corpo da organização. Colaboradores desmotivados são colaboradores cujo rendimento, eficácia e eficiência de trabalho são afetadas.

A falta de manutenção dos equipamentos faz com que as condições ideais de funcionamento das máquinas não sejam asseguradas, sendo a fiabilidade das mesmas comprometida. Falhas consequentes da degradação de elementos da máquina podem causar falhas pontuais irreversíveis ou falhas catastróficas, cuja resolução do problema passa pela remoção do componente com avaria e substituição por um novo.

Componentes de uma máquina cuja fiabilidade esteja condicionada são elementos cujo funcionamento não é realizado devidamente e, como tal, o processamento dos mesmos é comprometido. A execução de uma manutenção planeada e definida segundo o desgaste do equipamento permite aumentar o tempo de vida útil dos equipamentos e aumentar a eficiência e eficácia do seu funcionamento. Casos como a fuga de óleo ou água, devido à degradação das tubagens, por exemplo, podem afetar não só a produção realizada na máquina na qual estão inseridas, como também podem contaminar o sistema de trabalho vizinho.



O caso da falha de aplicação dos 5'S, também está bem patente na falta de organização e limpeza do local de trabalho. Postos de trabalho limpos e arrumados são postos com a presença única de ferramentas indispensáveis ao trabalho e essenciais para o acréscimo de valor ao produto. Os desperdícios são minimizados, quer na forma da presença única de material indispensável à execução das tarefas, que na quantidade produzida, no número de etapas do modo operatório, ou mesmo na organização do material. Os recursos produtivos no local correto e cada recurso com um espaço bem definido de colocação, permitem uma melhor gestão visual do local sendo os elementos que podem comprometer a Qualidade e funcionamento do sistema identificados mais facilmente. Por outro lado, um local com entulho que obriga o operador a contornar obstáculos, originando movimentações desnecessárias à execução das tarefas, representa custos adicionais. As movimentações desnecessárias representam um acréscimo de tempo e esforço desnecessário e como tal o aumento do ciclo de trabalho e do cansaço do colaborador é superior. Um aumento no ciclo de trabalho representa uma produção menor ao fim de um dia de trabalho. Se a produção for posta sistematicamente em risco por problemas da qualidade provenientes da falta de organização, fazendo com que os ciclos de trabalho sejam alargados, então o cumprimento dos prazos de entrega é posto em causa. Um prazo de entrega não cumprido tem um impacto significativo numa empresa, quer ao nível económico, como da imagem que faz transparecer, como no risco associado à perda de um cliente. Por outro lado, mesmo que o prazo seja cumprido, mas a um ritmo de pressão, no qual foi requerido maior concentração de esforço, vai fazer com que esse esforço não seja canalizado para outras produções, podendo afetar ou comprometer a capacidade e a qualidade das produções em paralelo, em detrimento do cumprimento da entrega da encomenda em causa.

Fazendo uma análise por uma vertente diferente e partindo da análise realizada no diagrama de causa-efeito, especialmente no que respeita à falta de limpeza das embalagens e contaminação de matéria-prima, a aplicação dos 5'S também poderia ter um resultado extremamente significativo nestas causas. A filosofia 5'S, como foi referido anteriormente, visa a limpeza do local de trabalho, e como tal, sendo assegurada a limpeza dos postos de trabalho e seus componentes, então estes subsistemas do sistema de trabalho poderiam assistir ao alargamento do seu tempo de vida útil. Esta analogia pode ser facilmente interpretada através da analogia do funcionamento de uma máquina com filtros respiratórios mal limpos. É de conhecimento comum que filtros mal limpos impedem a ventilação desejada do equipamento, e como tal, o funcionamento do mesmo é afetado, quer pelo



sobreaquecimento quer pelo acréscimo do esforço que o sistema de ventilação tem, uma vez que a ventilação é comprometida pela obstrução dos orifícios que canalizam o fluxo de ar.

Sendo o sistema de trabalho como o próprio nome o indica um sistema, então a alteração do modo normal de funcionamento de um subsistema irá ter repercussões em todo o sistema. É o chamado “efeito dominó” ou “efeito bola-de-neve”. Este efeito é visível quando se analisam com mais detalhe as causas e as ações corretivas mencionadas, pois assiste-se a uma repetição de informação de um “M” para outro “M”.

Uma proposta de melhoria para aumentar a fiabilidade e análise dos registos de produção consiste em disponibilizar mais tempo aos gestores intermédios através da eliminação dos tempos de transcrição dos ficheiros em formato de papel para formato digital, automatizar e simplificar o método de registo dos parâmetros de produção, com um baixo custo de investimento associado passa pela aquisição de tablets com um *software* específico similar ao Excel. A ideia passa por cada posto de trabalho ter um mini-computador com ecrã tátil no qual existe um software de cálculo programado para o registo dos autocontrolos de produção, no qual os tipos de não conformes fossem campos já definidos, e no qual apenas a sua quantificação fosse necessária preencher, sendo um input de carácter obrigatório. Um computador central estrategicamente colocado com o objetivo de este ser apenas consultado pelos gestores, contendo as informações detalhadas do desenrolar da produção, irá permitir um maior controlo, uma maior eficiência e fiabilidade dos dados e a oportunidade de executar uma ação mais atempada, no caso da produção não se estar a desenvolver conforme o pretendido.

Outras opções possíveis do computador central seriam a receção, comando e gestão da informação proveniente dos minicomputadores dos postos de trabalho. Exemplo:

- Se os testes de qualidade ao produto, executáveis de hora em hora, como a calibração e outro tipo de medições definidas como requisitos do produto e do cliente, estariam a ser executados nos momentos definidos para os mesmos, e os resultados obtidos dessas mesmas medições. Salienta-se que este tipo de registo é obrigatório e uma tarefa exigida pelos clientes, onde é essencial a comprovação de que realmente a verificação dos padrões de qualidade foi executada de hora em hora. Como tal, e para garantir e assegurar ao cliente o rigor deste procedimento, a solução encontrada seria a de colocar um horário de registo obrigatório no qual existisse um espaço de tempo definido para a inserção dos valores do registo. Esgotado o tempo definido, para esse registo, caso os dados do mesmo não fossem introduzidos, então esse mesmo registo seria bloqueado e não passível de um registo precedente. Nestas



situações abrir-se-ia uma caixa de texto, no qual seria pedido ao colaborador a introdução a razão pela qual o registo não foi executado.

- Sendo que os dados estão a ser trabalhados e monitorizados por um computador central, neste último poderia ser possível a verificação dos trabalhadores alocados e responsáveis por cada posto de trabalho. Assim, não só seria possível um maior controlo de faltas e presenças, como seria possível identificar e responsabilizar os trabalhadores pelo funcionamento da produção. A ideia passa por uma verificação de necessidades de formação de colaboradores.
- Com especial interesse para a logística e produção, este equipamento para além de possibilitar a verificação dos padrões de funcionamento detalhado da produção, também permitiria estimar a quantidade de matéria-prima gasta, a existente em armazém e em casos de rotura a emissão de um aviso. A quantidade de matéria-prima gasta numa produção seria contabilizada através da diferença existente entre a matéria-prima inserida em máquina e a existente no final da produção. Estando a quantidade de matéria-prima de cada tipo registada, deduzindo os gastos realizados durante a produção, seria possível analisar o consumo e produzir um histórico do mesmo. Este histórico seria importante para estudar o consumo e prever o seu comportamento, o que se torna essencial para uma boa gestão. Os dados seriam introduzidos pelos responsáveis de produção ou por colaboradores instruídos para tal.
- Tempos de ciclo, prazos de entrega, receção de material e expedição de encomendas também seriam possíveis de controlar, através de uma contabilização de tempos e quantidades de recursos de produção;

A inclusão desta ferramenta de trabalho permitiria a diminuição do erro humano, no registo ou contabilização de gastos, aumentando a fiabilidade dos mesmos, uma melhor gestão de recursos, um melhor planeamento e conhecimento do sistema produtivo e seu processamento, obtendo-se consequente um aumento de Qualidade e uma redução de custos.

Com as ações definidas finaliza-se a parte de conceção e definição do programa de melhoria. O próximo passo será a medição do impacto económico do novo programa.

4.4.1 Impacto económico do novo programa



Com o objetivo de sensibilizar toda a organização para o projeto em investigação e para ser possível visualizar e reconhecer o impacto económico que tem a produção de não conformes fez-se um levantamento dos custos de produção associados a estes fatores.

Os custos (€) resultantes da produção de não conformes referentes ao ano de 2012 podem ser visualizados na tabela 14.

Tabela 14: Análise ABC dos custos mensais do ano de 2012.

	Ordenação decrescente dos custos (€)		% custos totais	% acumulados	Classes	Volume de produção (Unidades)
14991	Outubro	7806,14	0,147109926	0,147109926	A	21262
11309	Novembro	6688,55	0,126048461	0,273158387	A	83601
27198	Maio	6243,59	0,117663051	0,390821438	B	14283
30552	Janeiro	5526,77	0,104154242	0,49497568	B	14991
14283	Dezembro	4741,22	0,089350206	0,584325886	C	39340
8456	Março	4367,73	0,082311659	0,666637545	C	27198
6650	Setembro	3883,29	0,073182098	0,739819643	C	7538
3223	Julho	3869,34	0,07291925	0,812738893	C	6650
7538	Fevereiro	3475,10	0,065489681	0,878228574	C	11309
21262	Junho	3316,26	0,062496313	0,940724886	C	8456
83601	Abril	1730,39	0,032609907	0,973334794	C	30552
39340	Agosto	1414,94	0,026665206	1	C	3223

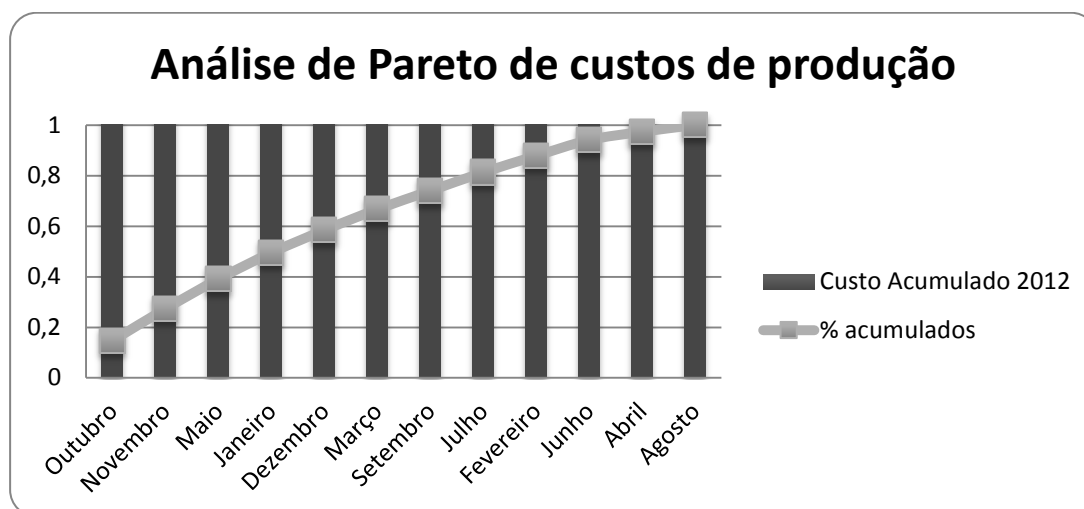
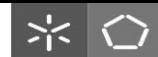


Figura 38: Gráfico de Análise de Pareto dos custos mensais de produção.

Conforme pode ser verificado nos dados da tabela, os meses com maiores custos associados foram os meses de Novembro, Outubro, Maio, Janeiro e Dezembro.

É no entanto interessante de observar que segundo a análise da produção mensal de não conformes, que os meses com maior taxa de produção de peças defeituosas foram Julho, Outubro, Dezembro e Novembro. Pelo que é possível verificar, à exceção de Julho, os restantes meses apresentam uma produção de não conformes superior são meses com um custo de produção de não conformes superior. Poder-se-á então concluir que mês de Julho, mês que apresenta maior quantidade de não conformes produzidos, e não se encontra qualificado como o mês com maiores custos associados à produção de defeituosos, apresenta custos elevados devido ao tipo de peças produzidas com defeito (peças cuja produção unitária é mais dispendiosa).

Incidindo agora a análise, com mais detalhe, nas classes provenientes da “Análise A, B, C”, constatou-se que os meses de Outubro e Novembro são dois meses que conjuntamente preenchem mais de 20% do total dos custos de produção do ano de 2012 (aproximadamente 27%), sendo portanto denominados pela classe “A”.

A classe “B” pertence aos meses de Maio e Janeiro, que juntamente com os meses da classe “A” preenchem metade dos custos de produção do ano em estudo. É importante verificar que em apenas quatro meses produziu-se metade dos custos de um ano produtivo, ou seja em um terço de um ano gastou-se metade dos custos totais desse mesmo ano.

Os restantes custos despendidos no ano de 2012 foram distribuídos pelos outros meses de 2012.



4.4.2 Cenários testados

Delineado o programa de melhoria será simulada a redução de custos com base nas ações definidas.

O cálculo do impacto das ações corretivas no âmbito do novo programa de melhoria é realizado através de estimativas de redução de custos.

As hipóteses definidas terão como base o impacto que as medidas de melhoria poderão ter sobre as causas dos problemas com maior dimensão, ou seja, as causas que dão origem às peças não conformes incompletas e raiadas.

Conforme se pôde apurar da seção anterior, as causas que dão origem à formação de peças não conformes têm pontos em comum, o que faz que com quando se esteja a atuar para reduzir ou eliminar um determinado problema se esteja, simultaneamente, a reduzir outros problemas. Por esta razão, não foi estimada uma redução de custos só na produção do tipo de não conformes incompletos e raiados, mas sim uma redução com diferentes taxas de impacto por tipo de defeitos produzidos ao longo de toda a produção realizada no ano de 2012.

No âmbito desta análise vão ser analisados três cenários - um otimista, um moderado e outro pessimista. Assim, existirá uma visão mais fidedigna daquilo que poderá ser a redução de custos alcançada com a operacionalização das ações de melhoria definidas.

Cenário A: a implementação das ações de melhoria tem um impacto que visa a eliminação total da produção de peças não conformes “incompletas” e “raiadas”, e 30% de redução nos outros tipos de defeitos;

Cenário B: a implementação das ações corretivas tem um impacto que visa a redução em 50% da produção de peças não conformes incompletas e raiadas, e 10% de redução nos outros tipos de defeitos;

Cenário C: a implementação das ações corretivas tem um impacto que visa a redução em 20% da produção de peças não conformes.

Cenário A:

Tabela 15: Redução de custos resultante do cenário A.

	Custos de sucata (€)	Redução de Custos	Redução de Custos
--	----------------------	-------------------	-------------------



		previsível (€)	(%)
Janeiro	5526,77	3951,764055	71,50
	3475,10	2645,027701	76,11
Março	4367,73	2128,236583	48,73
	1730,39	975,0491648	56,35
Maio	6243,59	4280,945761	68,57
	3316,26	2788,899408	84,10
Julho	3869,34	3027,858497	78,25
	1414,94	1308,000417	92,44
Setembro	3883,29	3567,748959	91,87
	7806,14	5027,989128	64,41
Novembro	6688,55	4638,693958	69,35
	4741,22	3931,583898	82,92
Total	53063,32	38271,79753	72%

O cenário A prevê um decréscimo nos custos de sucata de 72% o que equivale numa poupança de aproximadamente 38.272 €/ano.

Cenário B

Tabela 16: Redução dos custos do cenário B.

	Custos de sucata (€)	Redução de Custos previsível (€)	Redução de Custos (%)
Janeiro	5526,77	1863,381603	33,72
	3475,10	1263,222972	36,35
Março	4367,73	904,1544763	20,70
	1730,39	433,5716656	25,06
Maio	6243,59	2000,283841	32,04
	3316,26	1356,780953	40,91
Julho	3869,34	1453,823598	37,57



	1414,94	646,3613528	45,68
Setembro	3883,29	1761,336177	45,36
	7806,14	2315,555124	29,66
Novembro	6688,55	2172,92869	32,49
	4741,22	1907,960892	40,24
Total	53063,32	18079,36134	34%

Com uma redução de 50% na produção de peças não conformes “incompletas” e “raiadas” e 10% de redução nos outros tipos de defeitos, espera-se alcançar uma redução de, aproximadamente, 34% dos custos de sucata, o que representa uma redução neste tipo de custos de não qualidade de cerca de 18.079€/ano. Esta cenário tem uma visão moderada do impacto que o novo programa poderá ter ao nível da redução de custos de produção não conforme.

Tabela 17:Redução dos custos do cenário C

	Custos de sucata (€)	Redução de Custos previsível (€)	Redução de Custos (%)
Janeiro	5526,77	1105,354	20
	3475,10	695,02	20
Março	4367,73	873,546	20
	1730,39	346,078	20
Maio	6243,59	1248,718464	20
	3316,26	663,252384	20
Julho	3869,34	773,86752	20
	1414,94	282,98888	20
Setembro	3883,29	776,65704	20
	7806,14	1561,228256	20
Novembro	6688,55	1337,71	20
	4741,22	948,24374	20
Total	53063,32	10612,66428	20%



Estimando que a aplicação das medidas corretivas tem um efeito similar ao nível da redução de defeitos por tipo de defeitos na ordem dos 20%, então espera-se alcançar uma redução de aproximadamente 10.613€/ano. De entre as outras medidas apresentadas esta é a mais limitada, não obstante ser uma redução de 10.613€/ano.

Fazendo uma análise dos resultados esperados nos três cenários analisados, pode-se prever que as medidas corretivas definidas terão uma redução entre 10.613€/ano e 38.272 €/ano.

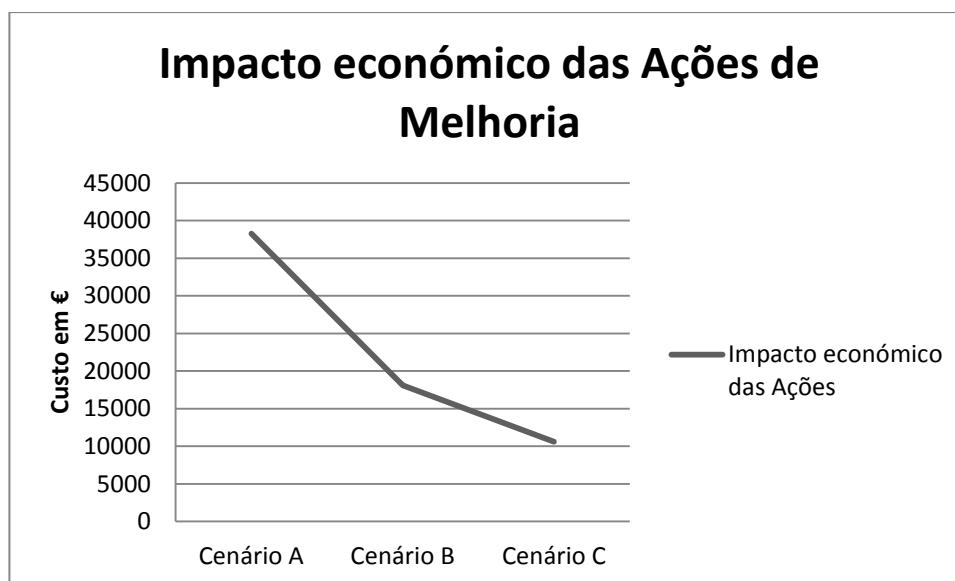
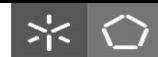


Figura 39 Impacto económico das ações



5. CONCLUSÃO

O presente capítulo apresenta um resumo das principais conclusões adquiridas ao longo deste trabalho de dissertação, assim como o relato da experiência sentida pelo investigador da prova, que foi sem dúvida, a escrita do presente relatório.

O tema deste relatório de investigação foi a “Implementação de um programa de Melhoria da Qualidade num sistema produtivo de Injeção de peças de Injeção”. Como se pode advir pelo título da presente investigação, a realização da mesma baseou-se numa experiência prática numa empresa de injeção de plásticos. A empresa selecionada para a realização do caso de estudo foi a empresa Copefi Part. A empresa selecionada é uma empresa de dimensão média, cedeadada em Braga, que reproduz peças em mais de 90% para a indústria automóvel. Como é de conhecimento comum, as empresas do sector automóvel são das empresas com requisitos mais exigentes ao nível dos padrões de qualidade. Por este facto, o nível de conhecimentos na área da qualidade que se previam obter eram promissores.

O trajeto prescrito que possibilitou a escrita desta dissertação teve início com a identificação dos principais problemas a nível da produção de produto não conforme. É de referir que a análise de dados recai sobre a produção do ano de 2012. As principais não conformidades e o seu nível comparativo de ocorrência foram determinados através do uso da ferramenta de qualidade Análise de Pareto. Os resultados alcançados através do recurso a esta ferramenta foram também agrupados segundo as classes “A”, “B” e “C”. A Classe “A”, que compõe 40% da totalidade de ocorrência de não conformes diz respeito às peças incompletas. A classe “B”, segunda maior classe desta classificação, compõe 14%, da totalidade de ocorrência de peças defeituosas no ano de 2012, sendo constituída pelas peças raiadas ou com estrias. Por último, a classe “C”, a classe dos ditos muitos, mas insignificantes, é constituída pelas restantes não conformidades detetadas. Como se pode perceber da Análise de Pareto realizada, apenas dois tipos de defeitos representam mais de 50% da totalidade de defeitos produzidos ao longo do ano de 2012.

De forma a completar a análise das ocorrências de defeitos realizaram-se mais dois tipos de análises: uma análise de não conformes por máquina e uma análise de não conformes por mês. O primeiro tipo de análise citado concluiu que as máquinas com maiores quantidades de não conformes produzidos foram as máquinas M1, M2, M3 e M11. O principal tipo de não conformidades produzida por estas máquinas foram “incompletas” e Raiadas. Devido há distinção entre máquinas pequenas e grandes, e sendo a maioria das máquinas do tipo grande, então é de salientar que o número de



cavidades nos moldes das máquinas grandes é maior, sendo assim automaticamente produzidas mais peças em cada injeção. As máquinas M1, M2 e M3 foram máquinas nas quais foram efetuadas, no ano de 2012, produções de peças mais antigas e suscetíveis de defeito e, a Máquina M11 é uma máquina que apresenta um desgaste acentuado. Todas estas razões nomeadas sustentam a causalidade das máquinas referidas apresentarem maior número de peças defeituosas. Do tratamento dos dados recolhidos, também foi calculada a média da taxa de utilização das máquinas de injeção disponíveis na empresa, cujo resultado é de aproximadamente 77%.

O segundo tipo de análise complementar à Análise de Pareto teve como objetivo averiguar a existência de variabilidade na produção de não conformes tendo em conta o mês em que foi realizada a produção. Com o recurso a uma representação gráfica da produção em estudo verificou-se que os meses com maior produção de não conformes foram Julho, Outubro, Dezembro e Novembro. De modo a identificar as possíveis causas para o facto dos meses referidos apresentarem maior produção de não conformes, realizou-se uma reunião com os engenheiros de qualidade e produção, à semelhança do que já tinha sido feito anteriormente para a análise de defeitos por máquina. As principais causas assinaladas foram ensaios de projetos novos com *set-ups* de dimensões elevadas e produções de peças ditas problemáticas.

A próxima fase deste projeto de investigação consistiu em identificar as causas que deram origem aos problemas assinalados pelo Diagrama de Pareto. Face aos dois maiores tipos de problemas identificados (peças incompletas e raiadas ou com estrias) recorreu-se ao uso da ferramenta Diagrama de Causa-efeito. O uso desta ferramenta contou com o auxílio da técnica de grupos de foco.

As principais causas identificadas conducentes à criação dos não conformes foram: a contaminação do sistema por poluentes decorrentes da atividade do próprio sistema em estudo, ou por via de sistemas em paralelo responsáveis por outra produção simultânea; pela falta de formação dos colaboradores ou falta de adequação das instruções de trabalho perante condicionantes decorrentes da atividade do sistema produtivo; pela necessidade de aplicação de manutenções mais frequentes em máquinas e equipamentos; e, por fim, pela necessidade de uma melhor aplicação e sistematização da técnica 5'S.

Tendo conhecimento dos inputs do sistema produtivo que afetam a qualidade reuniram-se as condições suficientes para proceder à elaboração do plano de ações corretivas. Apesar do ideal ser a concretização destas ações para posteriormente se analisar o impacto das mesmas, tal não foi exequível por uma questão do tempo disponível para a investigação. Assim, ações propostas tiveram



como suporte as impressões recolhidas nos grupos de foco, tendo a análise de dados demonstrado a existência de causas comuns na origem.

Em termo de conclusão, o estudo efetuado teve como objetivo a redução de custos com base num programa de melhoria de qualidade.

Os cenários definidos tiveram como base o impacto que as medidas corretivas teriam sobre as causas dos problemas com maior dimensão, ou seja, as causas que dão origem às peças não conformes incompletas e raiadas. Dos cenários apresentados, a redução de custos pode variar de 10.613€/ano a 38.272 €/ano.

Como trabalho futuro, seria interessante elaborar uma análise comparativa dos custos decorrentes da implementação do programa de melhoria sugerido, em relação aos custos contidos na aplicação do mesmo e/ou estudar a viabilidade económica da aquisição de novas máquinas.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ANZIEU, D. and MARTIN, J.Y. (1994) "La dynamique des groupes restreints", PUF Le psychologue. Presentation by psycho-sociologists of the concept of a limited group, the main group phenomena and some fields of application.
- AUBEL, J. (1992). "Guide pour des etudes utilisant les discussions de group", BIT. Practical guide to conducting group interviews".
- BASCH (1987).
- BOGDAN, BIKLEN (1994).
- BOX, G.E.P., DRAPER, N.R. (1987). Empirical Model Building and Response Surfaces, Wiley, New York,
- BROH, R. A. (1982). "Managing Quality for Higher Profits"
- BROTHERSON, M. J. (1994). Interactive focus group interviewing: A qualitative research method in early intervention. Topics in Early Childhood Special Education, 14(1), 101-118.
- C.D. EDWARDS, "The Meaning of Quality", in Quality Progress Oct.1968
- CAMPANELA, J., (1999). *Principles of Quality Costs - Principles, Implementation and Use*. 3rd ed. ASQC Quality Press.
- CEFET-RS/UNED Sapucaia do Sul. Introdução a transformação de Termoplásticos, 2004.
- CHEN, S. H. (2012). Improvement strategies for the tools and techniques of quality improvement: Utilization of a performance evaluation matrix in the taiwanese high-tech industry. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 22, 340-350.
- CHRIS, M.S., ALAN, A.D., GEORGE, F.L. (1984). Multi-objective optimization of a plastic injection molding process, IEEE Trans. Contr. Syst. Technol. 2 (3) 157–168.
- CROSBY, P., (1979). *Quality is free: the art of making quality certain*. New York: MacGraw-Hill.
- DARLINGTON, M.W., SCOTT, A.J., SMITH, A.C. (1986). Pressure losses in the packing stage of injection molding. Polym. Eng. Sci. 26 (18) 1282–1289.
- DAVIES, E. C. (2001). The quality gurus. *Manufacturing Engineer*, 80, 231-236.



- DIAS, Kelly P. *Proposta de um modelo para gestão do conhecimento no projeto de moldes de injeção*. Universidade Federal de Santa Catarina 2008
- FEIGENBAUM, A.V., (1963). *Total quality control : engineering and management*. New York:McGraw-Hill.
- FERRO, S. (1994). *Rotomoldagem resiste ao tempo*. Plástico moderno. V. 11, n.3, p.40-44,
- FEY, R. & GOGUE, J. M. (s.d.), *Princípios de gestão da qualidade*, Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, pp. 587.
- FIALHO, A. B. (2005). Automação pneumática. 3º Edição. Editora Érica.
- FINCH, H. and LEWIS, J. (2003). 'Focus groups'. eds: Ritchie, J. and Lewis, J. *Qualitative Research Practice*. London: Sage Publications
- GENICHI TAGUCHI, ELSAYED A. & THOMAS HSIANG, Taguchi Engenharia da Qualidade em Sistemas de Produção, Mcgraw-Hill, 1990;.
- GOLDBERG, D.E. (1989). *Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, Reading, MA.
- GREENBAUM, T.L. (1998). *The Handbook of Focus Group Research*. London: Sage Publications (second edition).
- H.L. Gilmore: Product Conformance Cost. Quality progress June 1974
- HARADA, J. (2004). *Moldes para injeção de Termoplásticos: Projetos e Princípios Básicos*. São Paulo. Editora Artliber.
- ISHIKAWA, K. (1982). *Guide to Quality Control*, Asian Productivity Organization, Tokyo.
- JOHNSON, M., (1995). *The development of measures of the cost of quality for an engineering unit*. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 12(2): p. 86-100.
- JURAN, J.M. and GODFREY, A.B. (1999). *Juran's Quality Handbook*. 5th ed. McGraw-Hill.
- JURAN, J.M., (1988). *Quality Control Handbook*.
- K2 PROJETOS (2002). *Treinamento Processo de Moldagem por Injeção*. São Paulo.
- KARUPPUSAMI, G. & GANDHINATHAN, R. (2006). Pareto analysis of critical success factors of total quality management: A literature review and analysis. *TQM Magazine*, 18, 372-385.



KITZINGER, BARBOUR (1999)

KRUEGER, R. A. (1994). Focus groups: A practical guide for applied research. Thousand Oaks, California: Sage Publications.

KRUEGER, R. A. (1998). Analysing and reporting focus group results. Thousand Oaks, California: Sage Publications.

KRUGER, R. (1995). Focus Groups: A Practical Guide for Applied Research, Thousand Oaks, CA; Sage Publications.

KUMAR, V., DE GROSOIS, D., CHOISNE, F. & KUMAR, U. (2008). Performance measurement by TQM adopters. *TQM Journal*, 20, 209-222.

LINDERMAN, K., SCHROEDER, R. G., ZAHEER, S., LIEDTKE, C. & CHOO, A. S. (2004). Integrating quality management practices with knowledge creation processes. *Journal of Operations Management*, 22, 589-607.

MANO, E.B. (2000). Polímeros como Materiais de Engenharia. São Paulo: Edgar Blutcher LDA,.

MARAGHI, RON. *Defeitos de Moldagem na injeção de plásticos*. Salvador: Plassoft Tecnologia Ltda., 1997.135p.

MANRICH, S. (2005). Processamento de Termoplásticos. São Paulo: Editora Artliber.

MANRICH, S. (2005). Processamento de Termoplásticos: Rosca única, Extrusão Matrizes, Injeção e Moldes. São Paulo. Editora Artliber,

MARK SAUNDERS, PHILIP LEWIS and ADRIAN THORNHILL (2008). Research “Onion”.

MARK SAUNDERS, PHILIP LEWIS and ADRIAN THORNHILL (2009). Research Methods for Business Students, Fifth edition, Pearson Education, ISBN: 978-0-273-71686-0.

MAULL, R.S., TRANFIELD, D.R. and MAULL, W. (2003). *Factors characterising the maturity of BPR programmes*. International Journal of Operations & Production Management, **23**(6): p. 598-624.

MENGES, G., MOHREN, P. (1993). How to Make Injection Molds, 2nd Edition, Hanser, Munich.

MENGES, Georg; MICHAELI, Walter; MOHREN, Paul. How to make injection molds. 3ª Edição, Hanser. Munich, 2000.



- MICHAELI, W., LAUTERBACH, M. (1989). Quality control for the packing pressure, Adv. Polym. Technol. 19 (4) 337–343.
- MICHAELI/ GREIF/ KAUFMANN/ VOSSEBURGER (2005). Tecnologia dos Plásticos Editora Edgar Blucher.
- MILLER, B.(1989). Predicting part shrinkage is a three-way street, Plastics World, , pp. 48–52.
- MORGAN, D. L. (1996). Focus groups. Annual Review of Sociology, 22, 129-152.
- MORGAN, D. L. (1997). 'Focus groups as qualitative research' in Qualitative Research Methods Series, 16. London: Sage Publications.
- MORGAN, D. L. (1997). Focus groups as qualitative research. Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- MORGAN, D. L. (1998). The focus group guidebook. Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- MYERS, G. (1998). Displaying opinions: Topics and disagreement in focus groups. Language in Society, 27(1), 85-111.
- Nancy R. TAGUE'S, The Quality Toolbox, Second Edition, ASQ Quality Press, 2004.
- NEELY, A., GREGORY, M. and PLATTS, K. (1995). *Performance measurement system design*. International Journal of Operations & Production Management, 15(4): p. 80-116.
- PANDELIDIS, I., ZOU, Q. (1990). Optimization of injection molding design, Polym. Eng. Sci. 30 873–882.
- PHILIP, J.B., PATRICK, J.M. (1994). Applying design of experiment analysis techniques to the injection molding process, in: Proceedings of the Conference ANTEC'94, pp. 729–732.
- RAUSCH, M. J. (1998). Analyzing and reporting focus groups results. In R. A. Krueger (Ed.), Analyzing and reporting focus group results (pp. 94-95). Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- REES, Herbert. Mold Engineering. Hanser. Munich, Vienna, New York, 1995
- ROSATO, Dominick V. Plastics encyclopedia and dictionary. Hanser. New York, 1993.
- SANTOS, B. S. (1993). Um discurso sobre as ciências. Porto: Edições Afrontamento.
- SCHAEFFER, N. C., & PRESSER, S. (2003). The science of asking questions. Annual Review of Sociology, 29, 65-88.



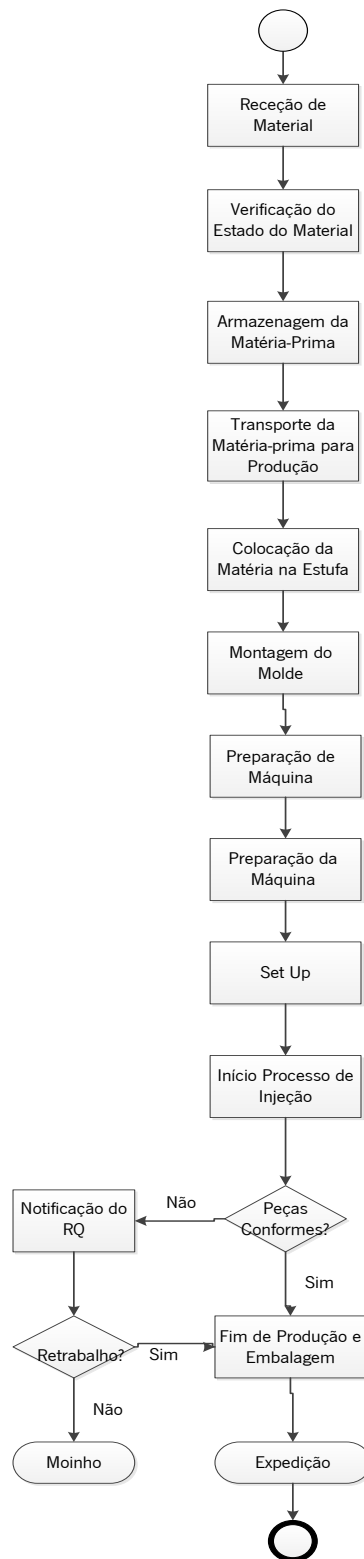
- SENAI-SP, Mário Amato (2004). Processo de transformação I.
- SENAI-SP, Mário Amato, (2001). Moldagem por Injeção. São Paulo: Cenatec.
- SENAI-SP, Mário Amato, (2001). Procedimentos Especiais de Injeção. São Paulo: Cenatec.
- TAGUCHI, G. (1987). Introduction to Quality Engineering, American Supplier Institute, Michigan,
- TAGUCHI, ELSAYED, HSIANG. (1990)
- TORRES, J. (2007). Dossiê Técnico: Prevenção de Acidentes em Máquinas injetoras de plástico. SENAI-RS Nilo Bettanin.
- WELLBURN, J. (1996). A TQM life cycle case study. *TQM Magazine*, 8, 35-45.
- VIEIRA (1995).
- ZAIRI, M., (1992). *TQM- based performance measurement - practice guidelines*. Hertfordshire - England: Technical Communications.
- ZHAO, X., YEUNG, A. C. L. & LEE, T. S. (2004). Quality management and organizational context in selected service industries of China. *Journal of Operations Management*, 22, 575-587.

WEB-SITES CONSULTADOS

- http://www.amrconsult.com/?page_id=437
- <http://max.uma.pt/~a2111706/fluxograma.htm>
- <https://linux.ime.usp.br/~cef/mac499-03/monografias/feals/Atividades.htm>
- <http://marketingfuturo.com/diagrama-de-causa-e-efeito-ou-diagrama-espinha-de-peixe/>
- <http://asq.org/learn-about-quality/cause-analysis-tools/overview/scatter.htm>
- <http://asq.org/learn-about-quality/data-collection-analysis-tools/overview/control-chart.htm>
- http://www.tudosobreplasticos.com/processo/solucoes_injecao.asp
- <http://www.copefi.com>



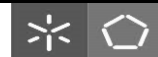
ANEXO I- FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DA COPEFI





ANEXO II- TABELA CAUSA-EFEITO PEÇAS RAIADAS

<p>Causas</p> <p>Peças Raiadas</p>	<p>Medição:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Verificação dos tempos de estufa: O tempo que o material permanece na estufa não é verificado ou monitorizado;
	<p>Meio Ambiente:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Derrames de óleo/água: Interferência do funcionamento de outros sistemas, máquinas adjacentes, por exemplo; • Humidade do ar • Contaminação do ar
	<p>Mão-de-Obra:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cumprimento das IT'S/ processo: Falta de formação, informação insuficiente sobre o funcionamento de processos específicos; acesso a informação incorreta do processo;
	<p>Método:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estado da Embalagem: embalagem contaminada, suja; • Estufagem da Matéria-Prima (tempo, temperatura): o tempo e/ou a temperatura dentro da estufa pode não ser o mais indicado para o tipo de material, ou para a dimensão deste; • 5 S's: a Falta de organização ou limpeza dos postos ou do material usado pode afetar a qualidade e como tal, o método de 5 S's necessita de ser ajustado;
	<p>Equipamento:</p> <p>Máquina e Molde</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estufagem Matéria-Prima • Moagem do Reciclado • Manutenção Filtros • Calibração/ Verificação: os parâmetros da máquina por vezes estão desajustados, face à produção • Derrames de água/óleo
	<p>Matéria-Prima:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Estufagem Matéria-Prima • Moagem Reciclado



ANEXO III – TABELA CAUSA- EFEITO PEÇAS INCOMPLETAS

<p>Causas Peças incompletas</p>	<p>Medição:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Calibração/ verificação do equipamento: Falha no controlo do funcionamento do equipamento
	<p>Meio Ambiente:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminação: Matéria-prima contaminada por óleo ou água proveniente de outra máquina
	<p>Mão-de-Obra:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Formação sobre o processo • Falta de informação
	<p>Método:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Início da Produção • Parâmetros do Processo • Engenharia do Produto: Formato do molde • Informação: Informação desajustada ao processo, ou falta de informação no momento devido;
	<p>Equipamento: Máquina e Molde</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mudança de máquina • Contaminação do Moinho; • Manutenção (fuso/câmara,...) • Conceção do molde (forma) • Parâmetros do Processo
	<p>Matéria-Prima:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características Matéria-Prima • Contaminação da Matéria-Prima